

TARTU ÜLIKOOL
Kehakultuuriteaduskond
Spordibioloogia ja füsioteraapia instituut

Timo Määr

**Kehatüve- ja alajäseme lihaste aktivatsioon ning lihasväsimus staatilisel
vastupidavustestil kroonilise idiopaatilise alaseljavaluga ja asümptomaatilistel meestel**

Magistritöö
Füsioteraapia õppekava

Juhendaja: MD PhD H. Gapeyeva

Tartu 2014

SISUKORD

TÖÖS KASUTATUD LÜHENDID	4
SISSEJUHATUS.....	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	6
1.1. Krooniline alaseljavalu ja selle hindamismeetodid	6
1.2. Kehatüve- ja alajäseme lihaste vastupidavus/väsimus alaseljavaludega patsientidel	7
1.3. Kehatüve- ja alajäseme lihaste aktivatsioonimustrid ja nende häirumine	9
1.4. Elektromüograafia kasutamine lihasväsimuse ja -aktivatsiooni hindamisel.....	11
1.5. <i>Bird-dog</i> harjutus ja selle kasutamine	12
2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED	15
3. TÖÖ METOODIKA	16
3.1. Vaatlusalused.....	16
3.2. Uurimismeetodid	17
3.2.1. Antropomeetrilised mõõtmised.....	17
3.2.2. Vaegurluse subjektiivne hindamine Oswestry küsimustikuga.....	17
3.2.3. Subjektiivse seljavalu tugevuse määramine.....	18
3.2.4. Kehalise aktiivsuse hindamine Baecke küsimustikuga.....	18
3.2.5. Väsimuse subjektiivne hindamine	18
3.2.6. <i>Bird-dog</i> asendi hoidmine vastupidavustestil	19
3.2.7. Lihaste bioelektrilise aktiivsuse mõõtmine vastupidavustestil	20
3.2.8. Lihaste bioelektrilise aktiivsuse näitajate analüüs	21
3.3. Uuringu korraldus	23
3.4. Andmete statistiline töötlus	24
4. TÖÖ TULEMUSED	25
4.1. Antropomeetrilised näitajad	25
4.2. Alaseljavalude tugevus	25
4.3. Subjektiivselt hinnatud kehaline aktiivsus	26
4.4. Subjektiivselt hinnatud väsimus	26
4.3. <i>Bird-dog</i> asendi hoidmise aeg	27
4.5. Lihaste bioelektriline aktiivsus	27
4.5.1. Lihasväsimuse näitajad: MF muutused.....	27
4.5.2. Lihasväsimuse näitajad: RMS muutused	28
4.5.3. Lihaste aktivatsioon (iRMS)	29

4.5.4. Lihaste aktivatsioon: lihaste omavahelised suhted	30
4.5.5. Lihaseaktivatsiooni jaotuvus pindmiste- ja süvalihaste vahel	32
5. TÖÖ TULEMUSTE ARUTELU	34
6. JÄRELDUSED.....	43
KASUTATUD KIRJANDUS	44
SUMMARY	52
TÄNUAVALDUS.....	54
LISAD	55
Lisa 1. Oswestry vaegurluse küsimustik	56
Lisa 2. Baecke kehalise aktiivsuse küsimustik.....	59
Lisa 3. Näide EMG lihasvõimsuse näitajatest indiviiditi	60
Lisa 4. Lihaste aktivatsioon Callaghan <i>et al.</i> (1998) uuringus	61
Lisa 5. Lihaste omavahelised suhted.....	62

TÖÖS KASUTATUD LÜHENDID

<i>Bird-dog</i>	toengpõlvituses vastaskäe ja -jala sirutus
CLBP	krooniline alaseljavalu (<i>chronic low-back pain</i>)
EMG	elektromüograafia
EG	eksperimentaalgrupp
EO	välimine põikilihas (<i>m. external oblique</i>)
ES	selgroosirgestaja lihas (<i>m. erector spinae</i>)
fMF	lõpu mediaansagedus (<i>final medium frequency</i>)
GM	suur tuharalihas (<i>m. gluteus maximus</i>)
iMF	esialgne mediaansagedus (<i>initial medium frequency</i>)
KG	kontrollgrupp
KMI	kehamassi indeks
LBP	alaseljavalu (<i>low-back pain</i>)
MF	mediaansagedus (<i>medium frequency</i>)
MT	mitmejaoline lihas (<i>m. multifidus</i>)
MVC	maksimaalne tahteline kontraktsioon (<i>maximal voluntary contraction</i>)
PKVJ	parem käsi ja vasak jalg
RA	kõhu sirglihas (<i>m. rectus abdominis</i>)
RMS	ruutkeskmise väärtus (<i>root-mean square</i>)
VAS	visuaal-analoog valuskaala
VKPJ	vasak käsi ja parem jalg

SISSEJUHATUS

Alaseljavalud (*low-back pain*, LBP) on kõige sagedasem skeetilihassüsteemi kaebus, mille tõttu inimesed otsivad meditsiinilist abi (Oddsson *et al.*, 1997). LBP esineb 60-85% inimestest nende elu jooksul, millest krooniline alaseljavalu (*chronic low-back pain*, CLBP) moodustab ligikaudu 23% (Balagué *et al.*, 2012). Ligikaudu 10%-l alaseljavaludega inimestest tuvastatakse valude põhjus, ülejäänutel on põhjus teadmata ning diagnoosiks idiopaatiline alaseljavalu. (Krismer ja Van Tulder, 2007).

LBP-ga patsientide varajaseks diagnoosimiseks, ravimiseks ja saavutatud ravitulemuste säilitamiseks on vaja paremaid objektiivseid meetodeid ennetamiseks kroonilise puude väljakujunemist. Selleks peab mõistma mehhanisme, mis kontrollivad lihaste aktivatsiooni LBP-ga inimestel ning olla võimeline mõõtma ning määrama lihasfunktsiooni kvaliteeti ja kvantiteeti objektiivselt (Bradl *et al.*, 2005; Oddsson ja De Luca, 2003). LBP-ga inimeste selgroosirgestaja lihase (*m. erector spinae*, ES) erinevate osade neuromuskulaarseid muutusi on vähe uuritud. Teadmised ES lihase ja mitmejaolise lihase (*m. multifidus*, MT) lumbaalpiirkonna spetsiifiliste osade väsimuse kohta võib parandada taastusravi strateegiaid ja erinevate harjutuste efektiivsust LBP-ga inimestel.

Harjutuste kasutamine kui terapeutiline lähenemine on viimase dekaadi jooksul saanud palju toetust LBP ennetamisel, ravimisel ja käsitlemisel (O'Sullivan *et al.*, 1997; Richardson *et al.*, 1999). Vaatamata sellele, et on olemas suurel hulgal erinevaid harjutusi, mida määratakse LBP raviks, ei ole kõikide harjutuste sooritamise teaduslikult niivõrd hästi põhjendatud, kui võiks arvata. Üheks näiteks on *bird-dog* harjutus, mille vältel sooritatakse toengpõlvituses vastaskäe ja -jala sirutus ning mida on kaasatud väga paljudesse rehabilitatsiooni kavadesse terves maailmas. Harjutust kasutavad nii professionaalsed sportlased kui ka tavainimesed ja seda väga laias vanusevahemikus. Mõistmaks, milliseid lihaseid terapeutiliste harjutuste vältel aktiveeritakse ning milline on optimaalne aktivatsioonimuster, on esmatähtis arusaamaks, millist mõju konkreetne harjutus avaldab alaselja spetsiifilistele düsfunktsioonidele (Vezina ja Hubley-Kozey, 2000). Lihaväsimuse ja -aktivatsiooni hindamiseks terapeutiliste harjutuste vältel on laialdaselt kasutatud elektromüograafiat (EMG) (De Luca, 1993; Merletti, 1994). Kuna harjutust kasutavad nii terved inimesed kui ka LBP-ga patsiendid, siis on vaja teada, kuidas mõjub harjutus ühele või teisele grupile.

Selle töö tulemusi saavad kasutada nii füsioterapeudid, taastusravi arstid kui ka tavainimesed, kelle sooviks on parandada enda või oma patsientide kehatüve lihaste seisundit, vähendamaks seljavalu ja tõstes elukvaliteeti.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Krooniline alaseljavalu ja selle hindamismeetodid

Mittespetsiifiline (idiopaatiline) LBP on defineeritud kui valu, mis lokaliseerub 12-nda roide ja alumise tuharavoldi vahemikus ning mis ei oma ühegi teadaoleva patoloogia tunnusmärke (infektsioon, kasvaja, osteoporoos, luumurd, struktuurne deformatsioon, põletikuline haigus, radikulaarne sündroom või „*cauda equina*“ sündroom) (Balagué *et al.*, 2012; Krismer ja Van Tulder, 2007).

LBP esineb 60-85% inimestest nende elu jooksul, millest CLBP moodustab ligikaudu 23% ning 11-12% on LBP tõttu invaliidistunud (Balagué *et al.*, 2012; Walker, 2000). CLBP-ks loetakse seljavalu kestusega rohkem kui 3 kuud või mis tekib episoodiliselt 6 kuu jooksul (Krismer ja Van Tulder, 2007).

CLBP seostatakse paravertebraalsete lihaste histomorfoloogiliste ja struktuuriliste muutustega, mis tähendab, et seljalihased on väiksemad, sisaldavad suuremal määral rasva ning mõningal määral selektiivset lihaskiudude atroofiat. Sellest tulenevalt on alaseljalihased väiksema jõudlusega ja väsivad kiiremini. Lisaks on CLBP-ga seostatud ka paravertebraalsete lihaste koordinatsioonihäireid, mis on suure tõenäosusega põhjustatud lihase vähesest kasutamisest (Cassisi *et al.*, 1993; Hides *et al.*, 1996; Mannion *et al.*, 1997; Peach ja McGill, 1998; Richardson *et al.*, 1999; Roy *et al.*, 1989).

LBP-st tingitud puude hindamiseks kasutatakse mitmesuguseid küsimustikke elukvaliteedi ja igapäevaste toimingute kohta. LBP-ga patsientide hindamisel kasutatakse enamasti Oswestry vaegurluse küsimustikku (*Oswestry Disability Questionnaire*). LBP-ga patsientide seljavalu tugevust määratakse VAS skaala abil (Longo *et al.*, 2010). LBP puhul on oluline hinnata ka kehalist aktiivsust kuna uuringutega on leitud, et CLBP-ga inimestel on kehaline aktiivsus pöördvõrdelises seoses LBP-st tekkinud puudega (Lin *et al.*, 2011). Kehalise aktiivsuse mõõtmiseks LBP-ga inimestel on kasutatud Baecke kehalise aktiivsuse küsimustikku (Baecke Physical Activity Questionnaire) (Van Weering *et al.*, 2007).

1.2. Kehatüve- ja alajäseme lihaste vastupidavus/väsimus alaseljavaludega patsientidel

Lihaskontraktsiooni vähenemist ajas; lihasjärgi ja võimsuse langust, mis tekib järk-järgult peale füüsilise tegevuse algatamist; lihasväsimust kui ajahetke, mil lihas ei ole võimeline enam produtseerima vajalikku jõudu tegevuse korrektseks täitmiseks (Enoka ja Duchateau, 2008; Hodges ja Richardson, 1996; Movahed *et al.*, 2011). Lihaskontraktsioon on ajast sõltuv protsess ja kuigi väliselt ei pruugi lihasvõimekuses langust täheldada enne tegevuse katkemist (kontraktsiooni väsimus), algavad füsioloogilised lihasesisesed muutused lihasvõimekuse vähenemise (metaboolne väsimus). Lokaliseeritud lihasväsimus tekib püsiva lihasvõimekuse vähenemise vältel ning väliste ilmingute hulka võivad kuuluda võimetus säilitada nõutud lihastööd, lihastremor ja lokaliseeritud valu (De Luca, 1984). Lihaskontraktsioon võib kujuneda väga mitme erineva füsioloogilise mehhanismi tõttu, alustades metaboliitide kuhjumisest lihasesse lõpetades ebaadekvaatse motoorse käskluse genereerimisega motokorteksis. Ollakse arvamisel, et ei ole ühte globaalset mehhanismi, mis põhjustab lihasvõimekuse vähenemist, vaid on hoopis spetsiifilised mehhanismid sõltuvalt sooritatavast tegevusest (Enoka ja Duchateau, 2008). Lihaskontraktsiooni vähenemise edasilükkamiseks on uuringutes täheldatud, et koormuse vältel ühe lihase väsimisel, üritatakse suunata lihasaktiivsus osaliselt või võimalusel täielikult üle teistele lihastele. Selle protsessi tagajärjel aga kaotatakse suure tõenäosusega jõudluses (Hodges ja Richardson, 1996).

Funktsionaalsed teadmised alaseljalihastest on puudulikud ja erinevad uurijad on saanud tulemusi suurte variatsioonidega, võimaliku seletusena on välja toodud erinevad hindamismeetodid, vaatlusaluste variatiivsus ja selja keeruline lihassüsteem (Van Dieën *et al.*, 2003b). Parema ülevaate saamiseks olemasolevatest tulemustest ja uuringutest LBP-ga patsientidest, on Van Dieën *et al.* (2003b) teinud kokkuvõtte mitmest uuringust ja leidnud, et väga paljudes neist on tõestatud, et LBP-ga inimestel on vähenenud kere sirutajalihasvõimekuse vastupidavus ja suurenenud lihasväsimus. Samuti on leitud tugev seos lihasvõimekuse ja LBP tekkimise riski vahel (Mannion *et al.*, 1997). LBP-ga patsientidel on selja sirutajalihasvõimekust hinnatud mitmesugustes asendites ja võrreldud väsimust selja sirutajalihasvõimekuse erinevate osade vahel. On leitud, et LBP-ga patsientidel on selja lumbaalses osas väsimus suurem kui torakaalses kuid on ka üksikuid uuringuid, kus on saadud vastupidine tulemus (Elfving *et al.*, 2003; Roy *et al.*, 1989; Sung *et al.*, 2009).

LBP-ga patsientide hindamiseks on laialdaselt kasutatud EMG-d (Hultman *et al.*, 1993) ning uuringutega on näidatud LBP-ga patsientide suuremat lihaskasutust võrreldes tervetega ja seda vastandades nii EMG näitajaid kui ka testi sooritamise aegasid, kaua vaatlusel on suutnud mingit asendit hoida (Lindström *et al.*, 1997). Võrreldes terveid ja LBP-ga patsiente on täheldatud veel, et MT lihas väsib kiiremini LBP-ga inimestel kuid samas ES (*m. iliocostalis lumborum pars thoracis*) lihase puhul seda ei ole täheldatud (Biedermann *et al.*, 1991; Roy *et al.*, 1989).

Alaseljalihaste väsimuse uurimiseks on kasutatud väga mitmeid testimisasendeid ja harjutusi kuid isomeetrilise submaksimaalse lihaskontraktsiooni uurimiseks on enim kasutatud Sorenseni testi, mis sisaldab kõhuli asendis ülakeha hoidmist vastu gravitatsiooni üle laua ääre ning mis on hinnanguliselt 40-50% maksimaalsest tahtelisest kontraktsioonist (MVC). (Mannion *et al.*, 1997; Mannion ja Dolan, 1996). Roy *et al.* (1989) on enda uuringutest järeldanud, et LBP-ga patsiente ja terveid inimesi saab eristada paremini, mida suurem lihaskontraktsioon on testi vältel ning et lihaskontraktsioon ligikaudu 80% MVC-st on piisav, et eristada terveid isikuid LBP-ga patsientidest. Teised autorid on aga näidanud, et piisab 50-60% MVC-st, et juba 30 sekundi jooksul tekitada mediaansageduse (*median frequency*, MF) langus, mis korreleerub väsimuse tekkega (Oddsson *et al.*, 1997).

Suur tuharalihas (*m. gluteus maximus*, GM) on oluline puusa sirutajalihas, mis tagab alajäseme sirutuse puusast samal ajal kui inimene kõnnib, jookseb või ronib. GM on selja ekstensioonil aktiivne samaaegselt koos selja paravertebralsete lihastega ning seetõttu on tähtis hinnata väsimust selja paravertebralsetes- ja GM lihases samaaegselt ning võrrelda tulemusi tervete ja LBP-ga patsientide vahel (Nelson *et al.*, 1995; Paquet *et al.*, 1993). Kankaanpää *et al.* (1998) hindasid alaselja ja puusa sirutajalihaste väsimust ning leidis, et LBP-ga patsientidel on GM lihase väsimus suurem kui tervetel inimestel.

Uuringutes on hinnatud ka parema ja vasaku kehapoole vahelist sümmeetriat või asümmeetriat isomeetrilise ekstensiooni ajal väsimustingimustes ning on saadud väga erinevaid ja vastuolulisi tulemusi. Mõned uurijad on leidnud CLBP-dega patsientidel pooltevahelist asümmeetriat, teised aga ei ole seda täheldanud (Nouwen *et al.*, 1987; Robinson *et al.*, 1992). Lisaks on leitud seos lihaskasutavuse ja lihase efektiivsuse vahel, mille kohaselt oskuslike liigutuste vältel lihaskasutus on madalam ja seetõttu tekib lihaskasutus aeglasemalt (Moffroid, 1997).

Uuringutega on ka täheldatud erinevusi seljalihaste funktsionaalsetes näitajates meeste ja naiste võrdluses, kus meestel on suurem selja sirutajalihaste maksimaaljõud kuid naistel on parem vastupidavus (Nicolaisen ja Jørgensen, 1985; Smidt *et al.*, 1983).

1.3. Kehatüve- ja alajäseme lihaste aktivatsioonimustrid ja nende häirumine

Lülisammas on mehaaniliselt keerukas struktuur, mis on oma olemuselt ebastabiilne (Crisco *et al.*, 1992). Seljalihased tagavad lülisamba stabiilsuse reguleerides selle jäikust ning võimaldades sellega lülisambal kanda kordades suuremaid koormusi. Esineb väga palju erinevaid lihasaktivatsiooni mustreid, mille eesmärgiks on säilitada lülisamba stabiilsus ning lihastevaheline tasakaal. Vaatamata sellele võivad mõned aktivatsioonimustrid oluliselt rohkem mõjutada, millises suunas ja ulatuses koormus lülivaheketastele mõju avaldab ning kuidas sellises olukorras on lülisamba stabiilsus tagatud (Marras *et al.*, 2001; Mirka ja Marras, 1993; Van Dieën *et al.*, 2003a). Teoreetiliselt võib igasugune tasakaalustamata lihasaktivatsioonimuster põhjustada mehaanilise häirumise lülisamba piirkonnas (Reeves *et al.*, 2006). Seega peavad lihased tegema pidevalt koostööd, et tagada piisav vastupanu välisele koormusele, samas vältides lülisamba ebastabiilsuse tekkimist (Crisco ja Panjabi, 1990).

Kehatüvelihased on jaotatud süva- ja pindmisteks lihasteks silmas pidades lihaste funktsiooni lülisamba stabilisaatoritena (Bergmark, 1989). MT lihas, kõhu ristilihas ja sisemised põikilihas moodustavad lokaalse stabiliseeriva süsteemi; ES lihas, kõhu sirglihas (*m. rectus abdominis*, RA), nimme-ruutlihas ja välimised põikilihas (*m. external oblique*, EO), moodustavad aga globaalse stabiliseeriva süsteemi (Cholewicki *et al.*, 1999). Süvad lokaalse stabiliseeriva rühma lihased, eriti MT lihas ja kõhu ristilihas tagavad lülisamba stabiilsuse, pindmised lihased aga liigutavad lülisammast erinevates suundades ning ei toeta lülisammast segmentaalselt (Bogduk ja Twomey, 1991; Johnson, 1970; Panjabi, 1992a; Panjabi, 1992b). Uuringutega on tõestatud, et peale LBP episoodi, lokaalse lihassüsteemi võimekus on oluliselt vähenenud võrreldes globaalse lihassüsteemiga (Kolber ja Beekhuizen, 2007).

Kehatüvelihaste aktivatsioonimustreid LBP-ga inimestel on uuritud väga mitmete tegevuste korral, seda nii seistes, kõndides, hoides raskust, sooritades maksimaalset fleksioon- või ekstensioonsuunalist liigutust või mõnda igapäevategevusega seotud liigutust (Van Dieën *et al.*, 2003a). Väga vähe on aga uuringuid, kus LBP-ga patsiente oleks hinnatud sooritamas mõnda rehabilitatsioonis kasutatavat stabilisatsiooniharjutust (Arokoski *et al.*, 2004).

Mitmetes uuringutes on leitud, et LBP-ga inimeste lihasaktivatsioonimustrid erinevad tervete inimeste omadest (Marras *et al.*, 2001; Van Dieën *et al.*, 2003a). LBP-ga patsientide kehatüvelihaste aktivatsioonimustrite erinevusi on aga tõlgendatud mitmeti. Ühelt poolt tõlgendatakse aktivatsioonimuutusi valu-spasm-valu mudeli kohaselt, mis väidab, et LBP suurendab lihasaktiivsust submaksimaalsete tegevuste vältel ja puhkeolekus, mis omakorda põhjustab valu. Täpsemalt toimub agonist ja antagonistlihaste ko-kontraktsioon ning seega on lihasaktivatsiooni tõus LBP-ga patsientidel suurem kui tervetel indiviididel (Roland, 1986; Travell *et al.*, 1942). Mitmetes uuringutes on vastavalt valu-spasm-valu mudelile täheldatud kehatüvelihaste suurenenud ko-aktivatsiooni LBP-ga inimestel (Radebold *et al.*, 2000; Van Dieën *et al.*, 2003a).

Vastupidiselt valu-spasm valu mudelile, valu adaptatsiooni mudeli kohaselt vähendab valu aktiveeritud agonistide lihasaktivatsiooni ning suurendab antagonistide lihasaktivatsiooni. See omakorda vähendab liigutuste kiirust ja ulatust, mis takistaks mehaanilise valu provokatsiooni süvenemist kahjustatud kudedes. Mõlemad mudelid, mis kirjeldavad lihasaktivatsiooni muutusi LBP-ga patsientidel, on saanud kirjanduses kinnitust (Lund *et al.*, 1991).

Van Dieën *et al.* (2003a) on mõlemat mudelit käsitlevate uuringute põhjal järeldanud, et kumbki neist ei seleta LBP-ga patsientide lihaste aktivatsioonimustrite muutusi. Muutused on enamasti tegevuspõhised, seotud individuaalse probleemiga ning indiviiditi võib esineda erinevusi. Muutused on üldjuhul funktsionaalsed, püüdes takistada veelgi suurema kahjustuse tekkimist ning tagades lülisamba vajaliku stabiilsuse. Sellele vaatamata on uuringutes, kus vaatlusalused on sooritanud submaksimaalset isomeetrilist pingutust, trend valu adaptatsiooni mudeli suunas, kus on leitud just agonistlihase aktivatsiooni vähenemist (Van Dieën *et al.*, 2003a). Richardson *et al.* (1999) on välja toonud, et LBP-ga patsientidel on häirunud kere süvalihaste, kõhu ristilihase ja MT lihase motoorne kontroll, mille rolliks on tagada lülisamba stabiilsus. Sellest tulenevalt ei suuda LBP-ga patsiendid nii efektiivselt MT lihast aktiveerida kui terved inimesed ning lisaks on uuringutes ka leitud, et MT lihase ristlõikepindala on LBP-ga patsientidel statistiliselt väiksem võrreldes tervete isikutega (Danneels *et al.*, 2000).

LBP arengu varajastes etappides on juba märgata muutusi pindmiste ja süvade kehatüvelihaste aktivatsioonimustrites. Muutuste tagajärjel suureneb alaselja piirkonnas olevate pindmiste lihaste aktivatsioon eesmärgiga asendada stabiliseerivate lihaste (MT lihase) alanenud aktivatsiooni (Danneels *et al.*, 2000; Tsao *et al.*, 2010). LBP-ga patsientide võime tahtlikult aktiveerida MT, et säilitada normaalset füsioloogilist lordoosi halveneb, mida pikemalt valud on kestnud ning see omakorda väljendub ka madalamas EMG aktiivsuses.

Samas on täheldatud, et kui LBP-ga patsiendid sooritavad harjutusi, kus seljalihaste aktiivsus on suhteliselt madal, olles vahemikus 30% MVC-st ning vähem, erinevusi LBP-ga patsientide ja tervete inimeste MT ja ES lihase aktivatsioonis leitud ei ole (Danneels *et al.*, 2002). Seetõttu tuvastamaks lihasaktivatsiooni häiret LBP-ga patsientidel peaks sooritatava harjutuse vältel alaseljalihaste aktivatsioon olema suurem kui 30% MVC-st. Lisaks sellele, et LBP-ga patsientidel on vähenenud võime aktiveerida lokaalset MT lihast, aktiveeritakse vasaku ja parema kehapoole lihaseid asümmeetriliselt ning sellele on kinnitust leidnud ka uuring, kus leiti suuri erinevusi valu ja valuvaba poole vahel, kus valu poolel oli alaseljalihaste aktivatsioon oluliselt madalam (Alexiev, 1994; Van Dieën *et al.*, 2003a).

Harjutused, mis hõlmavad endas selja isomeetrilist hoidmist ning samaaegset jala sirutust (nt *bird-dog*), aktiveerivad kehatüvelihaseid asümmeetriliselt ning vähendavad sellega seljale langevat koormust, kuna ühe kehapoole sirutajalihaste aktiivsus domineerib tegevuse ajal. Lisaks säilib samalaadsete harjutuste ajal selja neutraalne asend, tagades parema koormusjaotuvuse (Callaghan *et al.*, 1998). Mitmete uuringutega on tõestatud, et stabilisatsiooniharjutuste vältel või tegevuste ajal, kus on nõutav isomeetriline submaksimaalne pingutus, on naistel oluliselt kõrgem lihasaktiivsus kui meestel võrreldes MVC näitajad ja seda mitmete lihaste võrdluses (MT lihas, RA lihas ja EO lihased) (Arokoski *et al.*, 2001).

1.4. Elektromüograafia kasutamine lihasväsimuse ja -aktivatsiooni hindamisel

Pinnaelektromüograafiat kasutatakse tihti kinesioloogias lihasaktivatsiooni, jõu produktsiooni ja väsimusindeksi tuvastamiseks (De Luca, 1997). Pinnaelektromüograafia on mitteinvasiivne tehnika lihasfunktsioonide hindamiseks. Seda meetodikat kasutades on saadud suur osa senistest teadmistest kehatüvelihaste funktsionaalsete näitajate kohta tervetel kui ka LBP-ga patsientidel ja seda väga erinevate liigutuste ning asendite hindamisel. EMG signaali amplituudi on kasutatud hindamaks lihasaktiivsust tervetel ja LBP-ga patsientidel (De Luca, 1993). EMG muutuste uurimiseks ajas, on tihtipeale hinnatud asendeid, kus lihaskontraktsiooni üritatakse säilitada kurnatuseni (Movahed *et al.*, 2011).

MF on spektri indeks, mis on võetud töötlemata EMG signaalist *Fast Fourier Transform* algoritmiga. Lihasväsimus põhjustab MF languse ning MF langus korreleerub tugevalt vastupidavusajaga, hoitava koormusega ning koormuse suurus mõjutab omakorda MF languse kiirust ajast (Basmajian ja De Luca, 1985; Hägg, 1992; Mannion *et al.*, 1997; Roy *et al.*,

1995). EMG spektri näitajate kalle (MF kalle) madalamate sageduste poole on tõestatud kui valideeritud tehnika objektiivselt hindamaks lokaalset selja sirutajalihasete väsimust. Hindamismeetodit on kasutatud eristamaks terveid LBP-ga patsientidest väga paljudes uuringutes (Biedermann *et al.*, 1990; Mannion ja Dolan, 1994; Roy *et al.*, 1989; Roy *et al.*, 1995; Van Dieën *et al.*, 1993).

LBP-ga patsientide ja tervete indiviidide EMG signaali parameetrite võrdluses on leitud, et LBP-ga patsientidel on järsem MF kalle (Roy *et al.*, 1989). Negatiivne MF kalle viitab, et lihases on leidnud aset neuromuskulaarne väsimus kontraktsiooni vältel, kuid positiivse MF kalde või horisontaalse kalde korral väsimust lihases ei ole tekkinud (Kavanagh *et al.*, 2006). Lisaks on leitud seos MF sageduse languse kiiruse ja subjektiivse väsimuse vahel isomeetrilise koormuse ajal (Dedering *et al.*, 1999).

EMG signaali ruutkeskmine väärtus (RMS), on sagedasti kasutatav EMG parameeter, mis peegeldab mootorsete ühikute füsioloogilist aktiivsust pingutuse ajal (Fukuda *et al.*, 2008). Lihaskiudude kontraktiilsuse häirumiseks (väsimuse tekkeks) on vaja, et isomeetrilise kontraktsiooni vältel mootorseid ühikuid pidevalt juurde rekruteeritakse ning samal ajal peab aktiivsete mootorsete ühikute impulsseerimissagedus kiirus tõusma. Arvatakse, et mootorsete ühikute juurde rekruteerimine ning impulsseerimissageduse tõus põhjustab EMG amplituudi tõusu. RMS tõusu tõlgendatakse kui lihaseväsimuse teket konstantse kontraktsiooni ajal (Lippold, 1960).

1.5. Bird-dog harjutus ja selle kasutamine

LBP ravimisel kasutatakse väga palju erinevaid harjutusi mõeldud treenimaks kehatüvelihaseid, mille funktsioon on halvenenud ning mida ei aktiveerita efektiivselt igapäevategevustes. Väga palju koosnevad LBP-ga patsientidele mõeldud harjutuskavad just stabilisatsiooniharjutustest, mille põhieesmärk on treenida süva- aga ka pindmiseid lihaseid, et tõsta lihaste vastupidavust, jõudu ja parandada aktivatsioonimustreid (McGill, 2002). Paljud neist harjutustest hõlmavad endas lülisamba hoidmist neutraalses asendis, mille jooksul üritatakse hoida kehatüve võimalikult paigal (Kavcic *et al.*, 2004b).

Stabilisatsiooniharjutustest enimtuntud on plank, mille jooksul hoitakse küünarvars toenglamangus kehaasendit kas kõhuli, selili või külje peal. Väga palju aga kasutatakse viimasel ajal harjutusi, kus harjutust sooritatakse aga toengpõlvituses (Kavcic *et al.*, 2004b).

Bird-dog harjutus on üks nendest stabilisatsiooniharjutustest, mida sooritatakse toengpõlvitus asendis, sirutatud vastaskäe ja -jalaga. Elektromüograafia ja mehaanilised uuringud on näidanud, et harjutuse vältel ei koormata lülisammast üleliigselt (Kavcic *et al.*, 2004b).

Bird-dog stabilisatsiooniharjutust on varasemalt uuritud ja kasutatud erinevate harjutusprogrammide koostamisel ja läbiviimisel ning lihaste aktivatsiooni on hinnatud kasutades EMG meetodit (Kolber ja Beekhuizen, 2007; McGill, 1998; McGill ja Karpowicz, 2009). *Bird-dog* harjutuse vältel on EMG-ga hinnatud kehatüve ja alajäsemete lihaste väsimust, lihasaktivatsiooni, koormust lülisambale ning lülisamba stabiilsust. EMG meetodina on üldjuhul kasutatud pinnaelektromüograafiat, kuid üksikutel juhtudel ka nõelelektroode (Kavcic *et al.*, 2004b; McGill, 1998; Okubo *et al.*, 2010). Enamasti on *bird-dog* harjutuse sooritust hinnatud dünaamiliselt ja staatiliselt koos, kus kehapoolt on vahetatud iga 5 või 15 sekundi hoidmise järel (Souza *et al.*, 2001; Stevens *et al.*, 2007a). Rohkem kui 30 sekundit ei ole autorile teadaolevalt asendit hoitud. Harjutuse sooritamist on viimase 15 aasta jooksul hinnatud tervetel inimestel ning väga üksikutel juhtudel ka LBP-ga patsientidel (Arokoski *et al.*, 1999; Arokoski *et al.*, 2004).

Erinevate uuringute kohaselt on *bird-dog* harjutuse ajal lihasaktivatsioon lihaseti väga erinev olles vahemikus 5-60% MVC-st (Garcia-Vaquero *et al.*, 2012; McGill, 1998; McGill ja Karpowicz, 2009). Tüüpiliselt hinnatakse alaselja ja kõhulihaseid, üksikutel juhtudel ka GM lihast. Elektroodide asukohad varieeruvad mõneti, aga üldjuhul on valitud mõned lihased, mille hulka kuuluvad ES lihases asukohaga T9-L3, MT lihas L2-L5, RA lihas, EO lihased, sisemised põikilihas ja GM lihas (Arokoski *et al.*, 1999; Arokoski *et al.*, 2001; Ekstrom *et al.*, 2007; Ekstrom *et al.*, 2008; Pirouzi *et al.*, 2013). Tulemustes tavaliselt võrreldakse omavahel pindmiseid- ja süvalihaseid, erinevusi torakaal ja lumbaalosa vahel ning lihaste omavahelisi suhteid (Arokoski *et al.*, 2004; Stevens *et al.*, 2007a; Stevens *et al.*, 2007b). Uuringute tulemusi ei saa aga kahjuks üks ühele omavahel võrrelda, kuna iga autor on vaatlusalustel lasknud harjutust teha üksteisest erinevalt, tulemused mida kajastatakse on saadud kasutades erinevaid EMG analüüsimismeetodeid ning valim ei ole alati ühesugune.

Enamasti kajastatakse uuringute tulemusi näidates vaatlusaluste lihasaktivatsiooni % MVC-st, kus vaatlusalusel on hinnatud maksimalse tahtelise kontraktsiooni vältel konkreetse lihase bioelektrilist aktiivsust. Harjutuse ajal mõõdetud lihaste bioelektriline aktiivsus normaliseeritakse vastavalt MVC ajal saadud näitajatega ning tulemuseks on iga hinnatud lihase % MVC-st harjutuse vältel. Sellist uuringu ülesehitust on kasutatud tervete inimeste uurimisel (Garcia-Vaquero *et al.*, 2012; McGill, 1998; Okubo *et al.*, 2010). Uuringuid, kus

samaaegselt on *bird-dog* asendit uuritud nii tervetel kui ka LBP-ga patsientidel, kirjanduse läbitöötlemisel ei tuvastatud.

Kuigi LBP akuutne episood möödub 2-4 nädala jooksul 90% patsientidest, siis valude taasteke on kõrge ja oht seljavalu muutumiseks krooniliseks ligikaudu 10-15% (Balagué *et al.*, 2012; Hides *et al.*, 1996). Uuringud on näidanud, et isegi 10 nädalat peale valude kadumist võib täheldada MT lihase atroofiat neil inimestel, kes said valudest lahti kasutades ainult medikamentooset ravi. Isikutel, kes tarvitasid medikamentooset ravi koos kere süvalihaste treenimiseks mõeldud harjutustega, oli MT lihase sümmeetria taastunud 10-ndaks nädalaks (Hides *et al.*, 1996). On oluline hinnata LBP-ga patsientide lihaste aktivatsioonimustreid, et olla kindel, kas lihased, mille ülesandeks on hoida lülisamba stabiilsust, on taastunud, sest kuigi LBP episood võib olla möödas, ei pruugita sellegipoolest lihaseid optimaalselt kasutada.

Väga vähe on uuritud kehatüve ja -alajäsemete lihaste aktivatsiooni ning väsimust terapeutiliste harjutuste vältel LBP-ga inimestel ning milliseid aktivatsiooni häireid neil esineb.

2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Eesmärk:

Töö eesmärgiks oli analüüsida kehatüve- ja alajäseme lihaste väsimusnäitajad (MF ja RMS muutus) ning lihaste aktivatsioonimustreid *bird-dog* asendi hoidmisega vastupidavustesti vältel kroonilise idiopaatilise alaseljavaluga 20-40 aastaste meessoost patsientide hulgas ja saadud tulemusi võrrelda asümptomaatiliste samas vanuses olevate meeste näitajatega.

Ülesanded:

1. Analüüsida CLBP-ga patsientide seljavalust põhjustatud puuet, kehalist aktiivsust ning subjektiivselt tunnetatud seljavalu tugevust enne ja pärast vastupidavustesti.
2. Analüüsida kehatüve ja -alajäseme lihaste väsimusnäitajaid (MF ja RMS muutus) ning testi vastupidavusaega submaksimaalse staatilise lihaskontraktsiooni tingimustes.
3. Välja selgitada kehatüve- ja alajäseme lihaste bioelektrilise aktiivsuse muutused *bird-dog* asendi hoidmisel ja analüüsida, millised kompensatoorsed mustrid esinevad LBP-ga patsientidel.
4. Analüüsida kehapoolte vahelist erinevust *bird-dog* vastupidavus testi vältel.

Hüpoteesid:

Uurimistöö eesmärkidest lähtuvalt püstitati hüpoteesid:

1. CLBP-ga patsientidel on testi vastupidavusaeg väiksem kui KG-i vaatlusalustel.
2. CLBP-ga patsientidel väsivad süvalihased kiiremini kui KG-i uuritavatel ning lihased väsivad kiiremini lumbaalosas võrreldes torakaalosa.
3. CLBP-ga patsientidel on pindmiste lihaste (ES) aktivatsioon suurem võrreldes süvalihastega (MT) ning patsiendid kasutavad rohkem ümbritsevaid lihaseid (suurem kontraktsioon) kui KG-i indiviide, samuti on lihasaktivatsioon LBP-ga patsientidel süvalihaste aktivatsioon madalam võrreldes KG-i vaatlusalustega.
4. CLBP-ga patsientidel on lihasaktivatsioon valuvabal poolel suurem võrreldes vastaspoolega.

3. TÖÖ METOODIKA

3.1. Vaatlusalused

Uuringu eksperimentaalgrupp (EG) koosnes 7-st kroonilise idiopaatilise LBP-ga meessoost patsiendist vanuses 20-36 aastat, diagnoos kinnitatud arsti poolt. Eksperimentaalgrupi sisselülitavateks kriteeriumiteks oli CLBP kestusega vähemalt 3 kuud või perioodiliselt 6 kuu jooksul (Krismer ja Van Tulder, 2007). Väljalülitavateks kriteeriumiteks olid ülekaal [kehamassi indeks (KMI) > 32], krooniline neuroloogiline haigus, traumaatiline vigastus, skolioos (>10 kraadi) ja jalgade pikkuse erinevus (>1,5cm) (Aleksiev *et al.*, 1996). Välistavaks kriteeriumiks olid ka teised ortopeedilised haigused, mis takistaksid uuringus osalemist (Tøndel *et al.*, 2012). LBP-de keskmine kestus ($\bar{X} \pm SE$) oli $3,46 \pm 0,82$ aastat. Valu lokaliseerus kõigil nimmepiirkonnas, 4-l vaatlusalusel oli valu paremal pool, ühel uuritaval vasakul pool ja kahel uuritaval keskel. EG-i kaasatud vaatlusaluste valik teostati Ülikooli Perearstikeskusesse pöördunud LBP-ga patsientide seast perearstide poolt.

Kontrollgrupi (KG) moodustasid 7 asümptomaatilist meest vanuses 22-26 eluaastat. Vaatlusalused värvati kontrollgruppi Tartu Ülikooli üliõpilaste, töötajate ja tuttavate hulgast. KG-i väljalülitavateks kriteeriumiteks olid ülekaal (KMI > 32), krooniline neuroloogiline haigus, traumaatilised vigastused, skolioos (>10 kraadi) ja jalgade pikkuse erinevus (>1,5cm). Samuti ei tohtinud kontrollgrupi vaatlusalustel olla ortopeedilisi haigusi, mis takistaksid uuringus osalemist. Uuringus osalenud vaatlusaluste keskmine vanus (\bar{X}) ja antropomeetrilised näitajad on toodud tabelis 1.

Uuringu kestus oli ligikaudu 60 minutit. Uuring oli heaks kiidetud Tartu Ülikooli inimuuringute eetika komitee poolt ning uuringu läbiviimiseks oli väljastatud vastav luba (218T-8).

Tabel 1. Vaatlusaluste vanus ja antropomeetrilised näitajad ($\bar{X} \pm SE$).

Vaatlusalused	n	Vanus (aastad)	Pikkus (cm)	Kehamass (kg)	KMI (kg/m ²)	Käte pikkus (cm)	Jalgade pikkus (cm)
KG	7	24,14±0,51	184,71±1,53	81,86±1,46	23,9±0,35	80,14±1,18	98,71±1,55*
EG	7	26,29±1,84	179,93±2,4	84,92±2,67	26,29±0,95	79±1,38	94,07±1,31

EG – eksperimentaalgrupp; KG – kontrollgrupp; KMI – kehamassi indeks

*p<0,05 - võrreldes EG-ga

3.2. Uurimismeetodid

3.2.1. Antropomeetrilised mõõtmised

Vaatlusalustel mõõdeti kehapikkus, kehamass, jalgade ning käte pikkus. Kehapikkuse mõõtmine toimus vertikaalasendis, vaatlusalusel olid kannad koos ning mõõtja jälgis, et uuritava silma alalaug ja kõrva välimine kuulmeava oleksid horisontaaltasapinnal. Vaatlusaluste kehapikkus mõõdeti seinale kinnitatud mõõdulindiga (täpsusega ± 1 mm). Kehapikkuse mõõtmiseks seisis vaatlusalune mõõdulindi alla seljaga vastu seinale. Kehamassi määramiseks oli vaatlusalune minimaalses rõivastuses. Mõõtmise läbiviimiseks kasutati elektroonilist kaalu, mille mõõtmistäpsus oli $\pm 0,1$ kg. KMI kalkuleeriti kasutades valemit:

$$KMI = \frac{\text{kehamass}[kg]}{\text{kehapikkus}[m]^2}$$

Alajäseme pikkuse mõõtmiseks asetati mõõdulindi alguspunkt eesmisele ülemisele niudeluu ogaale (ing. k *anterior superior iliac spine, ASIS*) ja lõpp-punkt ipsilateraalse jala sääreluu seesmisele peksele (mediaalne malleolus), mõõdeti mõlema alajäseme pikkus. Käte pikkuse mõõtmiseks asetati mõõdulindi üks ots akromionile ja teine ots keskmise sõrme tippu. Mõõtmisi teostati kolm korda ja lõpptulemuseks võeti kolme mõõtmise keskmine.

3.2.2. Vaegurluse subjektiivne hindamine Oswestry küsimustikuga

Alaseljavalu poolt põhjustatud piiranguid igapäevaelu tegevustes hinnati Oswestry vaegurluse küsimustikuga (*Oswestry Disability Questionnaire*) (Longo *et al.*, 2010). Küsimustikku täites lähtusid vaatlusalused antud hetkel olevast seisundist. Küsimustik koosneb 10-st valdkonnast, igas valdkonnas on 6 küsimust, millest tuleb ära märkida ainult üks (Lisa 1). Valdkonna küsimusteks on: valu intensiivsus, enesehooldus, esemete tõstmine, kõndimine, istumine, seismine, magamine, seksuaalelu ja sotsiaalne elu ning reisimine. Maksimaalselt on võimalik saada 50 punkti. Küsimustiku lõppskoor tuleb jagada 50-ga ning korrutada 100-ga. Tulemuste skaala on järgmine: 0-20% - minimaalne puue, 20-40% mõõdukas puue, 40-60% - tugev puue, 60-80% - sandistunud, 80-100% - voodihaige (Longo *et al.*, 2010). Küsimustikku on kasutatud uuringutes, kus hinnatakse LBP-ga patsientide seljalihaste jõu ja väsimusnäitajaid (Arokoski *et al.*, 2004).

3.2.3. Subjektiivse seljavalu tugevuse määramine

Subjektiivselt tunnetatud alaseljavalu tugevus määrati VAS skaala abil. Sama meetodit on kasutatud sarnases uuringus (Arokoski *et al.*, 2004). Valu hindamiseks kasutati 0-10 punkti skaalat, kus valu:

- puudub (0 punkti),
- väga, väga kerge (1 punkt),
- väga kerge (2 punkti),
- kerge (3 punkti),
- kerge (4 punkti),
- mõõdukas (5 punkti),
- mõõdukas (6 punkti),
- tugev (7 punkti),
- väga tugev (8 punkti),
- väga, väga tugev (9 punkti),
- maksimaalne (10 punkti).

3.2.4. Kehalise aktiivsuse hindamine Baecke küsimustikuga

Vaatlusaluste kehalise aktiivsuse subjektiivseks hindamiseks kasutati Baecke kehalise aktiivsuse küsimustikku (*Baecke Physical Activity Questionnaire*). Küsimustik hindab uuritava kehalist aktiivsust eelneva aasta jooksul. Küsimustik koosneb kolmest osast ja põhineb inimese subjektiivsel hinnangul oma töö, spordi ja vaba aja veetmise kohta. Kokku on 16 küsimust ning iga küsimuse eest on võimalik saada 1-5 punkti (Lisa 2). Tulemuste interpreteerimiseks tuuakse välja iga alajaotuse punktide arv ning kogu küsimustiku summaarne punktide arv (Baecke *et al.*, 1982). Küsimustikku on varasemalt mitmetes uuringutes kasutatud hindamaks LBP-ga patsientide kehalist aktiivsust (Lin *et al.*, 2011).

3.2.5. Väsimuse subjektiivne hindamine

Vaatlusaluste väsimuse hindamiseks enne testi ja koheselt peale testi kasutati Borg skaalat (Borg, 1990). LBP-ga patsientide uurimisel on leitud, et Borg skaala on väga hea subjektiivne hindamismeetod ning Borg skaala indeksi ja vastupidavusaja vahel on tuvastatud korrelatsioon (Dedering *et al.*, 1999). Väsimuse hindamiseks kasutati 20 punkti Borg skaalat, kus väsimus:

- 6 (puudub),
- 7 (väga, väga kerge),
- 8,
- 9 (väga kerge),
- 10,
- 11 (kerge),
- 12,
- 13 (mõõdukas),
- 14,
- 15 (raske),
- 16,
- 17 (väga raske),
- 18,
- 19 (äärmiselt raske),
- 20 (maksimaalne pingutus).

3.2.6. *Bird-dog* asendi hoidmine vastupidavustestil

Bird-dog vastupidavustesti sooritamisel oli vaatlusalune toengpõlvituses 2,5 cm paksusega harjutusmatil ning käskluse peale sirutas vastaskäe ja vastasjala horisontaal asendisse ning hoidis asendit suutlikkuseni. Vaatlusaluse selg oli kogu testi vältel neutraalses asendis. Testi läbiviija instrueeris vaatlusalust selja neutraalset asendit hoidma kuni testi lõpuni. Vaatlusaluse sirutatud käe ja jala kohale oli asetatud piiraja, mis oli abistavaks orientiiriks katse läbivijale (Kavcic *et al.*, 2004a).

Vaatlusalust oli informeeritud hoidma sirutatud jalga ja kätt võimalikult lähedale piirajatele. Suutmatust hoida sirutatud jäset piiraja lähedal või taastada korrektne asend 2 sekundi jooksul tähendas testi lõppemist. Samuti loeti test lõppenuks kurnatuse tekkimisel. Vaatlusalune puhkas 15 min ja testi korrati vastaspoolte jäsemetega. Vaatlusaluse õhus olevatele jäsemetele oli kinnitatud lisaraskused (1 kg) (Joonis 1).

Testi vältel registreeriti soorituse aeg stopperiga kaua vaatlusalune suutis asendit hoida. *Bird-dog* asendit on eelnevalt kasutatud mitmetes uuringutes lihasaktivatsiooni hindamiseks kuid kirjanduses ei ole kasutatud seda asendit hindamaks alaseljalihaste vastupidavust (Arokoski *et al.*, 2001; Arokoski *et al.*, 2004; McGill 1998; McGill ja Karpowicz, 2009). Kogu testi vältel motiveeriti verbaalselt uuritavat tagamaks parima võimaliku soorituse.

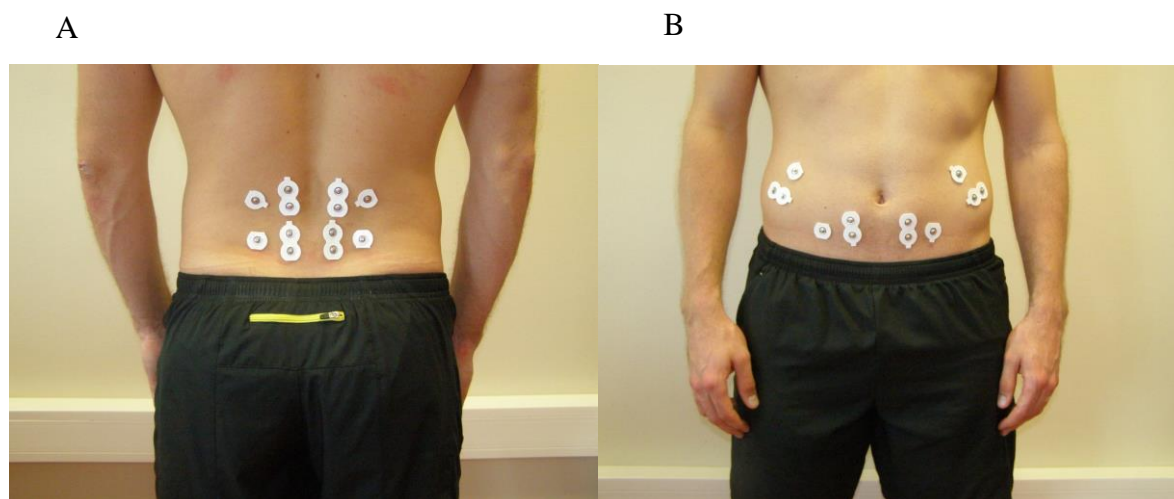


Joonis 1. *Bird-dog* asend, raskused paigaldatud kontralateraalse üla- ja alajäsemele. Käe- (a) ja jala (b) asendi piirajad.

3.2.7. Lihaste bioelektrilise aktiivsuse mõõtmine vastupidavustestil

Bird-dog vastupidavustesti ajal registreeriti viie kehatüve- ja alajäsemelihase bioelektriline aktiivsus kasutades 16-kanalilist portatiivset elektromüograafi ME6000, tarkvaraga MegaWin 3.0.1 (*Mega Electronics, Soome*). EMG süsteem oli ühendatud analoog-digitaalmuunduri kaudu telemeetriliselt personaalarvutiga. Lihaskontraktsioonidega seotud elektripotentsiaalide muutuste registreerimiseks oli uuritava nahapinnale asetatud bipolaarsed EMG nahapinnaelektroodid (*Noraxon Dual Electrodes*) (Hermens, 1999).

Nahapinnaelektroodid olid bilateraalselt asetatud lihastele, olles vastavuses eelnevalt läbiviidud uuringutega, kus on kasutatud *bird-dog* asendit: MT lihasele L5 ogajätkest 2 cm kaugusele kattudes lihaskiudude suunaga (Arokoski *et al.*, 2004); ES lihasele L2 ogajätkest 2 cm kaugusele (Kong *et al.*, 2013), EO lihastele 15 cm nabast lateraalsemale (Garcia-Vaquero *et al.*, 2012); RA lihase alumisele osale, 3 cm nabast lateraalsemale häbemelu ja naba keskele jäävale alale (Gilleard ja Brown, 1994) ning GM lihase keskosale (Kankaanpää *et al.*, 1998) (Joonis 2.). Elektroodide keskpunktide vahe oli 2 cm ning maanduselektroodi kaugus vähemalt 2 cm. Enne elektroodide pealepanekut palpeeriti teraapiaalal kõhuli asendis oleva vaatlusalusel uuritavad lihased ja lihastega seotud lülide ogajätked, ning märgistati vastavad kohad markeriga.



Joonis 2. Nahapinna elektroodide paiknemine tagant- (A) ja eestvaates (B).

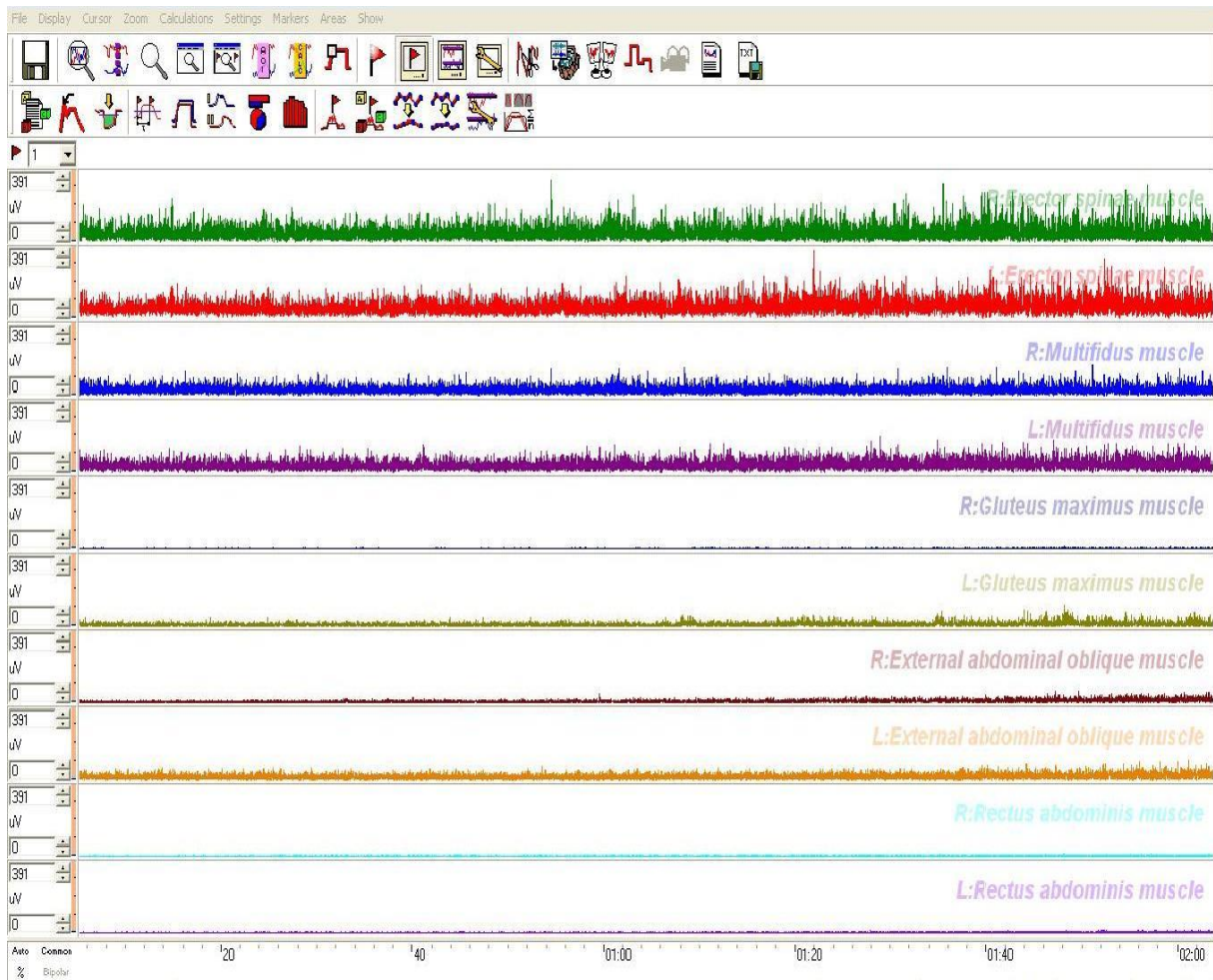
Märgistatud nahapind puhastati piiritusega ning vajadusel raseeriti, et tagada parim signaali edastus nahapinna ja elektrootide vahel. Seejärel asetati elektrootdegeeliga kaetud bipolaarsed EMG elektrootdid nahapinnale ja fikseeriti teibiga. Elektrootdide pealepaneku ajal lamas vaatlusalune kõhuli asendis teraapialaual ning seejärel tõusis püsti ja viimaks asetati elektrootdid RA lihasele ja EO lihastele. Elektrootdide asetamisel tehti minimaalsed korrektsioonid elektrootdide asukoha suhtes vastavalt indiviidide anatoomilistele iseärasustele, et valitud koht tagaks maksimaalse täpsuse. Sarnaselt on tehtud ka eelnevates uuringutes (Vezina ja Hubley-Kozey, 2000). Enne testi algust lasti vaatlusalustel korraks kontraheerida lihaseid, et tuvastada kas elektrootdid salvestavad lihaste bioelektrilist aktiivsust korrektselt (Vera-Garcia *et al.*, 2014).

3.2.8. Lihaste bioelektrilise aktiivsuse näitajate analüüs

EMG signaali algusest ja lõpust eemaldati manuaalselt lõik kuna nendel hetkedel vaatlusalune korrigeeris asendit. EMG esialgse mediaansageduse (*initial median frequency*, iMF) väärtuste saamiseks valiti signaali esimesed 5 sekundit ning kasutades *Fast Fourier Transform* algoritmi, arvutati väärtus kõigi lihaste piires. Lõpu mediaansageduse (*final median frequency*, fMF) arvutamisel kasutati sama meetodit, kuid seekord valiti signaali viimased 5 sekundit. MF muutuste (%/min) arvutamiseks kasutati valemit:

$$MF \text{ kalle} = \frac{(fMF - iMF)}{(iMF \times t)} \times 100 \text{ (\%/min)}$$

Lihasktiivatsiooni näitajate (iRMS, $\mu V \cdot s$) saamiseks rektifitseeriti EMG signaal (Joonis 3). Lihaste aktiivatsiooni näitajate saamiseks arvutati rektifitseeritud EMG signaali esimese 5 sekundi pindala väärtus (iRMS).



Joonis 3. Rektifitseeritud EMG signaal (paaritud kanalid registreerisid parema kehapoole ja paaris kanalid vasaku kehapoole lihaste aktiivsust).

Lihasväsimumise mõõtmiseks kasutati RMS muutust ajas (%/min), mis arvutati kasutades iEMG ja EMG signaali viimase 5 sekundi pindala väärtust (fEMG). RMS kalde arvutamiseks kasutati valemit:

$$RMS \text{ kalle} = \frac{(fEMG - iEMG)}{(iEMG \times t)} \times 100 \text{ (\%/min)},$$

kus t (min) on vastupidavustesti sooritamise aeg.

Lihasväsimumise analüüsimisel võrreldi grupiselt ja gruppide vahel pindmiste (ES) ja süvalihaste (MT) väsimusnäitajaid tuvastamaks kas ühe või teise lihasgrupi suuremat väsimust nii EG-i kui ka KG-i vaatlusalustel. Gruppide vahel võrreldi ka tuharalihase (GM) väsimusnäitajaid. Analoogselt toimiti nii MF muutuse aga ka RMS muutuse näitajate analüüsimisel.

Lihasktiivatsiooni (iRMS) analüüsimisel võrreldi grupisiseselt pindmiste (ES) ja süvalihaste (MT) aktiivsiooni erinevusi. Gruppide vahel võrreldi kõikide lihaste aktiivsiooni võimalikke erinevusi.

Tuvastamaks võimalikke häireid aktiivsioonimustrites, arvutati lihaste omavahelised suhted. Lihaste omavaheliste suhete arvutamisel võeti nii parema käe ja vasaku jala kui ka vasaku käe ja parema jala hoidmisel aluseks (100%) hoitava jala ipsilateraalne MT lihase iRMS ($\mu V \cdot s$), mis oli kontrollgrupil suurima aktiivsusega kogu asendi hoidmise vältel. Lihaste omavaheliste suhete arvutamisel saadi tulemuseks konkreetse lihase aktiivatsioon (%) võrreldes MT lihasega. Analoogselt toimiti mõlema grupi lihasktiivatsiooni (iRMS) näitajatega. Lihaste omavaheline suhe arvutati võrreldes kõikide lihaste aktiivsiooni MT lihasega. Tulemuste analüüsimisel võrreldi EG-i saadud tulemusi KG-i tulemustega.

Pindmiste lihaste (ES) ja süvalihaste (MT) jaotuvuse hindamiseks analüüsiti mõlema kehapoole ES lihase ja MT lihase aktiivsiooni vastupidavustesti alguses bird-dog asendi hoidmisel EG-i ja KG-i vaatlusalustel. Esiteks liideti iga indiviidi kõigi nelja lihase aktiivatsioon iRMS ($\mu V \cdot s$) ning seejärel kalkuleeriti iga lihase aktiivsiooni % nelja lihase summeeritud tulemusest. Analoogselt arvutati kõigi vaatlusaluste RES, LES, RMT ja LMT lihase aktiivsiooni % summeeritud tulemusest ning saadud tulemuste põhjal arvutati grupi keskmine lihase aktiivsiooni %. Lisaks arvutati iga indiviidi mõlema kehapoole lihaste summeeritud aktiivatsioon ning saadud tulemuste põhjal arvutati keskmine. Lihaste aktiivsiooni %-e võrreldi kõigi lihaste vahel grupisiseselt ja gruppide vahel. Samuti võrreldi summeeritud lihaste aktiivsiooni %-e grupisiseselt ja gruppide vahel.

3.3. Uuringu korraldus

Vaatlusaluste uurimine toimus Tartu Ülikooli Kinesioloogia ja Biomehaanika laboris Ujula 4-202, 51008 Tartu, 2013-2014 aastal. Uuritavad osalesid uuringus ühekordselt ning kõik hindamised viidi läbi päeva teises pooles. Enne uuringu läbiviimist tutvustati vaatlusalustele uuringu eesmärgi ja selgitati uuringu läbiviimise korda ning seejärel kirjutasid vaatlusalused alla informeeritud nõusoleku lehele.

Uuringud viidi läbi järgnevalt:

1. Vaatlusalusele tutvustati uuringu eesmärgi ja hindamismeetodeid, seejärel täitis ta nõusoleku lehe ning ankeedi, mis sisaldas vaatlusaluse nime, sünniaega ja sugu.
2. Vaatlusalune täitis Baecke kehalise aktiivsuse ja Oswestry vaegurluse küsimustiku.

3. Mõõdeti vaatlusaluse kehapikkus ja -,mass, saadud tulemuste põhjal arvutati KMI.
4. Mõõdeti vaatlusaluse käte ja jalgade pikkused mõõdulindiga.
5. Vaatlusalune kõndis soojenduseks jooksulindil 5 minutit kiirusega 5 km/h.
6. Vaatlusalune teostas vastupidavustesti, mille vältel registreeriti testi läbimise aeg ja lihaste bioelektriline aktiivsus.
7. Vaatlusalune puhkas 15 minutit ning seejärel teostas sama vastupidavustesti teise kehapoolega.
8. Vaatlusalune hindas enda subjektiivset väsimust Borg skaalal ja LBP VAS skaalal enne ja pärast mõlemat pingutust.

3.4. Andmete statistiline töötlus

Andmete statistiline töötlus ja andmeanalüüs teostati Microsoft Excel 2010 ja GraphPad Prism (versioon 5.03) abil. Kõigi uuritud parameetrite osas leiti aritmeetiline keskmine (\bar{X}) ja standard viga ($\pm SE$). Kontroll- ja eksperimentaalgrupi näitajaid analüüsiti Student paaritu t-testiga. Madalaimaks olulisuse nivooks võeti $p < 0,05$.

4. TÖÖ TULEMUSED

4.1. Antropomeetrilised näitajad

EG-i ja KG-i antropomeetrilised näitajad on toodud tabelis 1. KG-i uuritavatel oli alajäsemete pikkus suurem võrreldes EG-ga ning see oli statistiliselt oluline ($p < 0,05$). Teistes antropomeetrilistes näitajates erinevusi ei esinenud.

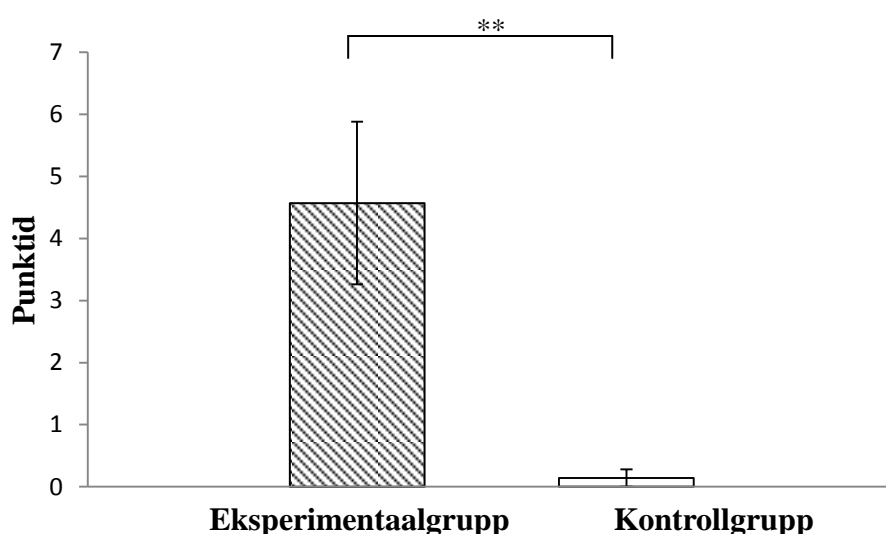
4.2. Alaseljavalude tugevus

Subjektiivselt tunnetatud seljavalu tugevuse näitajad (VAS) on toodud tabelis 2. Tulemustest selgub, et seljavalu tugevus mõõdetud vastupidavustestil *bird-dog* asendi hoidmisel oluliselt ei muutunud ($p > 0,05$) testi alguses võrrelduna testi lõpus.

Tabel 2. Subjektiivselt tunnetatud seljavalu tugevus (VAS) enne ja pärast testi (punktid).

Vaatlusalused	Valu tugevus	
	Enne	Pärast
Eksperimentaalgrupp	0,71±0,40	0,71±0,40
Kontrollgrupp	0	0

Oswestry vaegurluse küsimustiku tulemustes oli statistiline erinevus ($p < 0,01$) EG-i ja KG-i vahel (Joonisel 4). Oswestry skoori põhjal arvutati, milline on vaatlusaluste puue. Leiti, et EG-i vaatlusalustel oli minimaalne puue (0-20%).



Joonis 4. Oswestry vaegurluse küsimustiku tulemused ($\bar{X} \pm SE$).

** $p < 0,01$ - EG võrrelduna KG-ga

4.3. Subjektiivselt hinnatud kehaline aktiivsus

EG-i ja KG-i vaatlusaluste subjektiivse kehalise aktiivsuse hindamise tulemused Baecke küsimustikuga: töö-, spordi-, -vabaaja ning koondindeks on välja toodud tabelis 3.

Tabel 3. Eksperimentaal- ja kontrollgrupi kehalise aktiivsuse indeks (punktid) ($\bar{X} \pm SE$).

Vaatlusalused	Tööindeks	Spordiindeks	Vabaaja indeks	Koondindeks
Eksperimentaalgrupp	2,55±0,32	3,39±0,20	2,79±0,14	8,73±0,32
Kontrollgrupp	2,33±0,13	3,57±0,15	3,29±0,24	9,19±0,48

EG-i ja KG-i ühegi näitaja vahel ei esinenud statistilist olulisust erinevust ($p>0,05$). EG-i ja KG-i vaatlusaluste spordialad kohati kattusid kuid oli ka erinevusi. Mõned näited spordialadest, mida EG-i ja KG-i vaatlusalused harrastasid: jooksmine, korvpall, võrkpall, ujumine, kergejõustik, jõusaal, maadlus ja tennis. EG-i ja KG-i vaatlusalused kulutasid nädalas aktiivseteks tegevusteks üle nelja tunni.

4.4. Subjektiivselt hinnatud väsimus

Subjektiivse väsimuse näitajad Borg skaala järgi on esitatud tabelis 4. Tulemustest selgub, et EG-i vaatlusalused tundsid väsimust mõlema testi läbiviimise korral vähem kui KG-i uuritavad kui vaadata väsimusnäitajaid koheselt pärast vastupidavustesti kuid statistilist erinevust kahe grupi vahel ei esinenud ($p>0,05$). Väsimustunne enne mõlema testi läbiviimist oli väiksem EG-i vaatlusalustel võrreldes KG-ga kuid seegi ei olnud statistiliselt oluline ($p>0,05$).

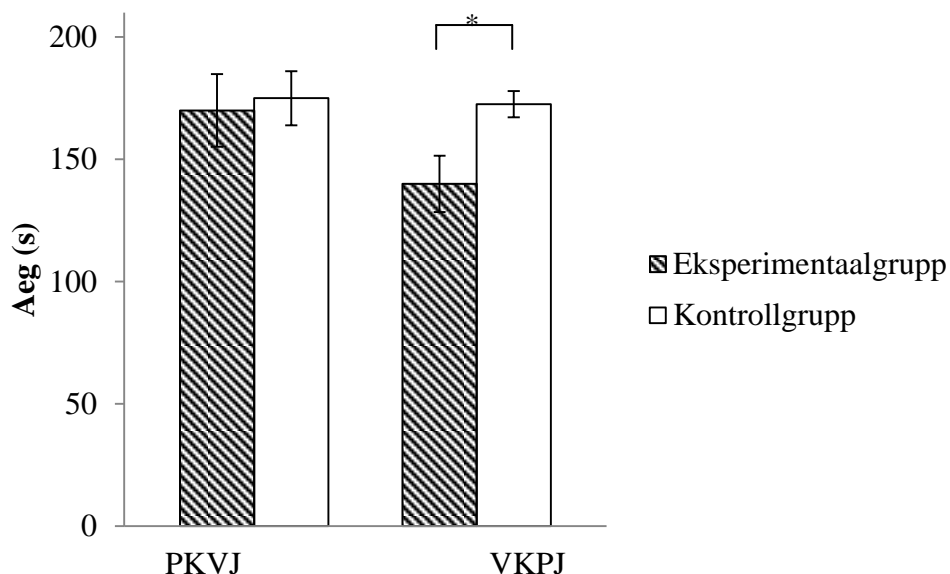
Tabel 4. Subjektiivselt hinnatud väsimuse näitajad enne ja peale vastupidavustesti ($\bar{X} \pm SE$).

Vaatlusalused	PKVJ enne	PKVJ peale	VKPJ enne	VKPJ peale
EG	6,43±0,20	16,00±0,82	7,43±0,82	16,86±0,91
KG	7,14±0,51	18,00±0,66	8,00±0,76	17,71±0,52

EG - eksperimentaalgrupp; KG - kontrollgrupp; PKVJ - parem käsi ja vasak jalg; VKPJ - vasak käsi ja parem jalg

4.3. Bird-dog asendi hoidmise aeg

Bird-dog asendi hoidmise ajad on välja toodud joonisel 5. Tulemustest selgus, et parema käe ja vasaku jala (PKVJ) hoidmisel EG-i ja KG-i vahel ei esinenud statistiliselt olulisi erinevusi ($p>0,05$). Vasaku käe ja parema jala (VKPJ) hoidmisel KG-i vaatlusalused suutsid asendit hoida oluliselt ($p<0,05$) kauem, kui EG-s olevad uuritavad.



Joonis 5. Vastupidavustesti aeg *bird-dog* asendi hoidmisel ($\bar{X} \pm SE$).

PKVJ - parem käsi ja vasak jalg; VKPJ - vasak käsi ja parem jalg

* $p<0,05$

4.5. Lihaste bioelektriline aktiivsus

4.5.1. Lihaväsimuse näitajad: MF muutused

MF muutuste näitajad on toodud tabelis 5. MF muutuste (%/min) näitajaid võrreldi EG ja KG-i vahel mõlema testi puhul eraldi. Grupisisese võrreldi süvalihaseid (LMT, RMT) pindmiste lihastega (RES, LES). Gruppide vahel võrreldi kõikide lihaste väsimusnäitajaid. Analüüsist selgus, et näitajate võrdluses statistiliselt olulist erinevusi ei leitud ($p>0,05$).

Tabel 5. MF muutus ajas vastupidavustestil bird-dog asendi hoidmisel EG-i ja KG-i vaatlusalustel (%/min) ($\bar{X} \pm SE$).

Lihased	Parem käsi ja vasak jalg		Vasak käsi ja parem jalg	
	EG	KG	EG	KG
RES	1,51±2,54	-3,63±2,59	-0,59±3,75	-4,60±3,71
LES	-1,38±2,74	-3,17±2,08	2,37±3,79	-3,70±1,65
RMT	-2,24±2,03	-2,12±2,61	-6,81±2,03	-7,32±3,22
LMT	-6,24±2,02	-7,36±3,12	3,53±6,55	-3,02±3,73
RGM	3,12±4,50	0,40±4,76	-4,53±0,64	-4,72±0,68
LGM	-5,76±1,26	-5,75±1,26	-3,04±5,24	-0,57±4,34
REO	-2,95±3,29	4,53±2,35	-5,26±1,03	-3,71±1,16
LEO	-3,06±1,62	-2,70±1,45	-1,00±4,86	0,97±2,16
RRA	-5,89±1,77	4,08±8,01	-5,5±1,74	-3,01±1,71
LRA	-4,99±1,44	-0,67±5,35	-5,73±4,19	6,71±3,71

EG - eksperimentaalgrupp; KG - kontrollgrupp; R - parem; L - vasak; ES - selgroosirgestaja lihas (*m. erector spinae*); MT - mitmejaoline lihas (*m. multifidus*); GM - suur tuharalihas (*m. gluteus maximus*); EO - välimine põikilihas (*m. external oblique*); RA - kõhu sirglihas (*m. rectus abdominis*)

4.5.2. Lihaskõõsimise näitajad: RMS muutused

RMS muutused on esitatud tabelis 6. RMS muutuse (%/min) näitajaid võrreldi kahe grupi vahel mõlema pingutuse vältel eraldi. Gruppisiseselt võrreldi pindmiseid lihaseid (RES, LES) süvalihastega (LMT, RMT). Gruppide vahel võrreldi kõikide lihaste väsimusnäitajaid. Analüüsist selgus, et võrreldavate näitajate vahel statistiliselt olulisi erinevusi ei esinenud ($p>0,05$).

Tabel 6. RMS muutus ajas vastupidavustestil bird-dog asendi hoidmisel EG-i ja KG-i vaatlusalustel (%/min) ($\bar{X} \pm SE$).

Lihased	Parem käsi ja vasak jalg		Vasak käsi ja parem jalg	
	EG	KG	EG	KG
RES	9,47±2,87	20,25±5,93	34,30±8,43	21,74±10,51
LES	21,8±5,85	34±12,7	26,73±9,88	13,8±4,82
RMT	13,25±5,78	22,04±11,08	14,03±5,4	6,41±3,33
LMT	10,88±4,44	10,78±5,98	31,5±11,03	7,46±6,8
RGM	11,34±2,75	64,51±51,83	26,08±12,46	26,47±6,32
LGM	26,41±11,92	45,08±7,86	11±4,35	26,71±19,13
REO	36,67±13,12	70,31±22,07	28,06±14,63	24,86±7,65
LEO	22,78±12,27	35,97±14,71	55,51±22,38	49,84±21,49
RRA	20,59±2,96	30,45±11,43	19,42±2,61	18,88±9,32
LRA	25,02±8,41	43,24±14,08	7,99±5,88	15,53±9,71

EG - eksperimentaalgrupp; KG - kontrollgrupp; R - parem; L - vasak; ES - selgroosirgestaja lihas (*m. erector spinae*); MT - mitmejaoline lihas (*m. multifidus*); GM - suur tuharalihas (*m. gluteus maximus*); EO - välimine põikilihas (*m. external oblique*); RA - kõhu sirglihas (*m. rectus abdominis*)

4.5.3. Lihaste aktivatsioon (iRMS)

Lihaste bioelektrilise aktiivsuse näitaja (iRMS) vastupidavustesti algul on toodud tabelis 7. Lihaste iRMS näitajaid võrreldi grupisiseselt ja gruppide vahel. Grupisiseselt võrreldi selja pindmiseid- (ES) ja süvalihaseid (MT). Gruppide vahel võrreldi kõikide lihaste aktivatsioone ja seda mõlema testi vältel. PKVJ hoidmisel oli KG-is süvalihaste aktivatsioon (LMT lihas) oluliselt ($p<0,05$) suurem kui pindmiste lihaste (LES, RES lihas). PKVJ hoidmisel oli EG-i ja KG-i võrdluses KG-i LMT ($p<0,001$), RMT ($p<0,01$) ja RGM lihas oluliselt suurema ($p<0,05$) aktiivsusega. VKPJ hoidmisel leiti gruppide võrdluses oluline erinevus samade lihaste võrdluses, kus KG-i RMT, LMT ja RGM lihasaktiivsus oli oluliselt suurem EG-i omast (vastavalt $p<0,01$, $p<0,01$ ja $p<0,05$). Mõlema testi ajal oli märgata KG-i vaatlusalustel kõikide lihaste suuremat aktivatsiooni võrreldes EG-ga kuid statistiliselt andmed ei erinenud oluliselt gruppide vahel.

Tabel 7. Lihaste bioelektrilise aktiivsuse iRMS, ($\mu V \cdot s$) näitajad vastupidavustesti alguses bird-dog asendi hoidmisel EG-i ja KG-i vaatlusalustel ($\bar{X} \pm SE$).

Lihased	Parem käsi ja vasak jalg		Vasak käsi ja parem jalg	
	Eksperimentaalgrupp	Kontrollgrupp	Eksperimentaalgrupp	Kontrollgrupp
RES	280,86 \pm 20,88	357,29 \pm 55,98 ^a	219,86 \pm 25,87	341 \pm 69,35
LES	284,57 \pm 41,78	347,43 \pm 58,15 ^a	279,29 \pm 47,6	453 \pm 72,16
RMT	169,71 \pm 11,01 ^b	399,14 \pm 59,94	254 \pm 25,85 ^b	530,86 \pm 72,83
LMT	252 \pm 28,94 ^c	525,43 \pm 49,12	163 \pm 24,07 ^c	428,29 \pm 67,31
RGM	22 \pm 2,48 ^d	36,71 \pm 5,61	144,71 \pm 22,1 ^d	369,43 \pm 78,71
LGM	144 \pm 32,59	203,57 \pm 21,83	36,14 \pm 13,24	45,86 \pm 10,33
REO	68,71 \pm 9,75	105,14 \pm 21,69	218,57 \pm 42,72	336,57 \pm 79,7
LEO	232,14 \pm 56,13	329,43 \pm 60,18	100,86 \pm 14,5	109 \pm 16,89
RRA	29,43 \pm 4,17	34,86 \pm 3,75	31,57 \pm 5,44	40,29 \pm 6,61
LRA	29,14 \pm 2,64	32,71 \pm 2,47	39,14 \pm 7,29	42,14 \pm 4,66

EG - eksperimentaalgrupp; KG - kontrollgrupp; R - parem; L - vasak; ES - selgroosirgestaja lihas (*m. erector spinae*); MT - mitmejaoline lihas (*m. multifidus*); GM - suur tuharalihas (*m. gluteus maximus*); EO - välimine põikilihas (*m. external oblique*); RA - kõhu sirglihas (*m. rectus abdominis*)

^ap<0,05 - Parem käsi ja vasak jalg KG-i LES(RES) võrreldes KG-i LMT-ga

^bp<0,01 - Parem käsi ja vasak jalg EG-i RMT võrrelduna KG-i RMT-ga

^bp<0,01 - Vasak käsi ja parem jalg EG-i RMT võrrelduna KG-i RMT-ga

^cp<0,001 - Parem käsi ja vasak jalg KG-i LMT võrrelduna EG-i LMT-ga

^cp<0,01 - Vasak käsi ja parem jalg KG-i LMT võrrelduna EG-i LMT-ga

^dp<0,05 - Parem käsi ja vasak jalg KG-i RGM võrrelduna EG-i RGM-ga

^dp<0,05 - Vasak käsi ja parem jalg KG-i RGM võrrelduna EG-i RGM-ga

4.5.4. Lihaste aktivatsioon: lihaste omavahelised suhted

Lihaste bioelektrilise aktiivsuse näitajate (iRMS) omavahelised suhted vastupidavustesti alguses bird-dog asendi hoidmisel on toodud tabelis 8. Lihaste omavaheline suhe on arvutatud grupsisiseselt mõlema testi puhul eraldi. Lihaste omavahelisi suhteid võrreldi mõlema testi puhul EG-i ja KG-i kõiki näitajaid kasutades.

PKVJ hoidmisel oli EG-i LES/LMT suhe oluliselt ($p<0,05$) suurem KG-i vastavast näitajast. Samuti oli PKVJ hoidmisel mõlema RA suhe LMT-ga oluliselt ($p<0,05$) suurem võrreldes KG-ga. VKPJ hoidmisel oli EG-i LRA/LMT suhe oluliselt ($p<0,05$) suurem KG-i omast. Teiste näitajate vahel statistiliselt olulisi erinevusi ei esinenud kuid tulemusi analüüsides võis

järeldada, et PKVJ hoidmisel oli EG-i RES/LMT, LES/LMT ja LEO/LMT lihaste omavaheline suhe (%) suurem KG-i vastavatest näitajatest. Sama tendentsi võis täheldada ka VKPJ hoidmisel, kus EG-i RES/RMT, LES/RMT, REO/RMT ja LEO/RMT lihaste omavaheline suhe (%) oli suurem KG-i näitajatest.

Tabel 8. Lihaste bioelektrilise aktiivsuse iRMS omavahelised suhted vastupidavustesti alguses bird-dog asendi hoidmisel EG-i ja KG-i vaatlusalustel (%) ($\bar{X} \pm SE$).

Tunnus	Parem käsi ja vasak jalg		Tunnus	Vasak käsi ja parem jalg	
	EG	KG		EG	KG
RES/LMT	123,39±52	72,98±15,21	RES/RMT	93,78±15,2	62,37±10,77
LES/LMT	116,78±40,12^a	63,09±6,72	LES/RMT	123,23±29,77	86,55±11,19
RMT/LMT	70,94±15,48	77,82±10,17	LMT/RMT	70,68±15,22	82,03±10,13
RGM/LMT	9,36±3,37	7,28±1,2	RGM/RMT	63±14,44	79,02±19,38
LGM/LMT	59,54±31,65	39,93±4,11	LGM/RMT	16,51±7,74	10,51±3,33
REO/LMT	27,8±8,39	21,95±5,54	REO/RMT	88,11±17,09	69±21,63
LEO/LMT	89,2±39,26	72,82±2,34	LEO/RMT	42,02±8,2	24,23±6,44
RRA/LMT	12,1±1,41^b	7,06±1,12	RRA/RMT	12,98±2,19	8,67±2,43
LRA/LMT	12,49±1,86^c	6,6±0,09	LRA/RMT	15,45±2,11^c	8,74±1,56

EG - eksperimentaalgrupp; KG - kontrollgrupp; R - parem; L - vasak; ES - selgroosirgestaja lihas (*m. erector spinae*); MT - mitmejaoline lihas (*m. multifidus*); GM - suur tuharalihas (*m. gluteus maximus*); EO - välimine põikilihas (*m. external oblique*); RA - kõhu sirglihas (*m. rectus abdominis*)

^ap<0,05 – PKVJ EG-i LES/LMT võrrelduna KG-i LES/LMT-ga

^bp<0,05 – PKVJ EG-i RRA/LMT võrrelduna KG-i RRA/LMT-ga

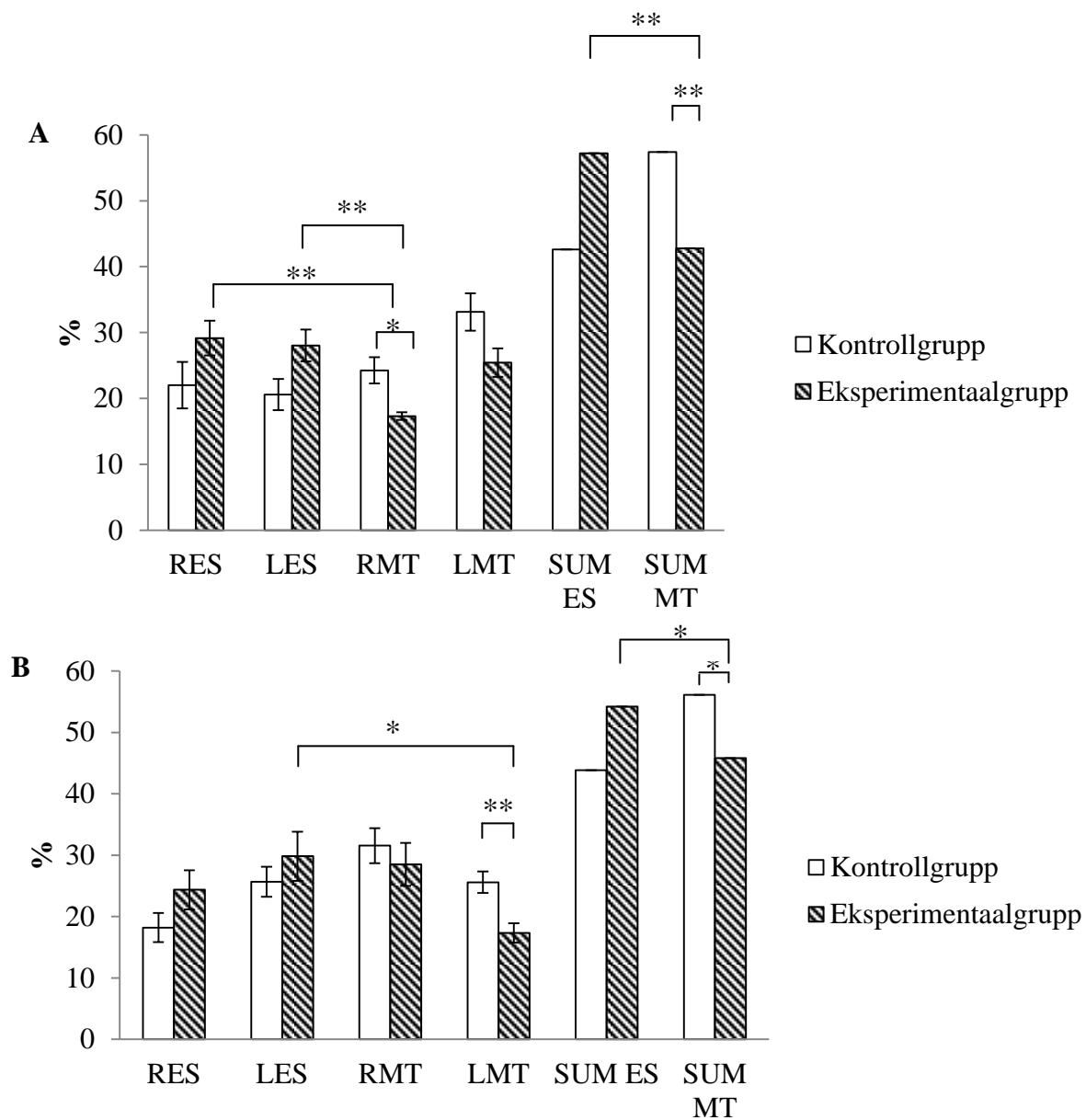
^cp<0,05 – PKVJ EG-i LRA/RMT võrrelduna KG-i LRA/RMT-ga

^cp<0,05 – VKPJ EG-i LRA/RMT võrrelduna KG-i LRA/RMT-ga

4.5.5. Lihasaktivatsiooni jaotuvus pindmiste- ja süvalihaste vahel

Lihasaktivatsiooni jaotuvus (%) pindmiste (ES) ja süvalihaste (MT) vahel on toodud joonisel 6. PKVJ hoidmisel oli KG-is LMT lihase aktivatsiooni % oluliselt suurem (vastavalt $p < 0,01$ ja $0,05$) LES lihase ja RES lihase aktivatsiooni %-st. Grupisiselt oli KG-i summeeritud ES lihaste aktivatsiooni % oluliselt väiksem ($p < 0,01$) MT lihaste summeeritud aktivatsiooni %-st. EG-is oli vastupidiselt KG-ga ES lihaste aktivatsioon oluliselt madalam ($p < 0,01$) võrreldes MT lihaste summeeritud aktivatsiooni %-ga. KG-i RMT ja LES lihaste aktivatsiooni % oli oluliselt suurem ($p < 0,05$) EG-i näitajatest. KG-i summeeritud MT lihaste aktivatsiooni % oli oluliselt suurem ($p < 0,01$) EG-i näitajatest kuid ES lihaste aktivatsiooni % oli oluliselt madalam ($p < 0,01$).

VKPJ hoidmisel oli KG-is RMT lihase aktivatsiooni % oluliselt suurem ($p < 0,01$) LES lihase aktivatsiooni %-st. KG-i LMT lihase aktivatsiooni % oli oluliselt suurem ($p < 0,01$) EG-i LMT lihase samast näitajast. KG-is ES lihaste summeeritud aktivatsiooni % oli oluliselt madalam ($p < 0,05$) MT lihaste aktivatsiooni %-st. Vastupidiselt KG-ile oli EG-is ES lihaste summeritud aktivatsiooni % oluliselt suurem ($p < 0,05$) MT lihaste samast näitajast. KG-i ES lihaste summeeritud aktivatsiooni % oli oluliselt madalam ($p < 0,05$) EG-i vastava näitajaga võrreldes ning MT lihaste summeeritud aktivatsiooni % oli oluliselt suurem ($p < 0,05$) EG-i samast näitajast.



Joonis 6. Pindmiste- (ES) ja süvalihaste (MT) bioelektrilise aktiivsuse jaotuvus (%) vastupidavustesti alguses bird-dog asendi hoidmisel EG-i ja KG-i vaatlusalustel. A - parema käe ja vasaku jala hoidmisel, B - vasaku käe ja parema jala hoidmisel.

R - parem; L - vasak; ES - selgroosirgestaja lihas (*m. erector spinae*); MT - mitmejaoline lihas (*m. multifidus*); SUM - mõlema kehapoole summeritud näitaja

** $p < 0,01$ - PKVJ KG-i LMT võrrelduna KG-i LES-ga

* $p < 0,05$ - PKVJ KG-i LMT võrrelduna EG-i RES-ga

* $p < 0,05$ - PKVJ KG-i RMT võrrelduna EG-i RMT-ga

** $p < 0,01$ - PKVJ EG-i RMT võrrelduna EG-i RES-ga

** $p < 0,01$ - PKVJ EG-i RMT võrrelduna EG-i LES-ga

** $p < 0,01$ - PKVJ KG-i SUM ES võrrelduna EG-i SUM ES-ga

** $p < 0,01$ - PKVJ KG-i SUM MT võrrelduna EG-i SUM MT-ga

** $p < 0,01$ - PKVJ KG-i SUM ES võrrelduna KG-i SUM MT-ga

** $p < 0,01$ - PKVJ EG-i SUM ES võrrelduna EG-i SUM MT-ga

** $p < 0,01$ - VKPJ KG-i RMT võrrelduna KG-i RES-ga

* $p < 0,05$ - VKPJ EG-i LMT võrrelduna EG-i LES-ga

** $p < 0,01$ - VKPJ KG-i LMT võrrelduna EG-i LMT-ga

* $p < 0,05$ - VKPJ KG-i SUM ES võrrelduna EG-i SUM ES-ga

* $p < 0,05$ - VKPJ KG-i SUM MT võrrelduna EG-i SUM MT-ga

* $p < 0,05$ - VKPJ KG-i SUM ES võrrelduna KG-i SUM MT-ga

* $p < 0,05$ - VKPJ EG-i SUM ES võrrelduna EG-i SUM MT-ga

5. TÖÖ TULEMUSTE ARUTELU

Käesoleva töö eesmärgiks oli analüüsida kehatüve ja alajäseme lihaste bioelektrilist aktiivsust, submaksimaalset väsimust ja lihasaktivatsioonimustreid asümptomaatilistel ja CLBP-ga meessoost isikutel staatilise vastupidavustesti vältel. Lisaks registreerida ajaliselt kaua suudetakse asendit hoida, milline on vaatlusaluste kehaline aktiivsus, seljavalust tingitud puue ja subjektiivselt tunnetatud seljavalu tugevus.

Töö eesmärgist lähtuvalt selgitati välja, kas *bird-dog* asendi hoidmisel väsimuseni aktiveerivad LBP-ga patsiendid lihaseid erinevalt KG-i vaatlusalustest ja samuti kas LBP-ga patsientide alaselja lihaste väsimus erineb KG-i omast ning analüüsida kehapoolte erinevusi asendi hoidmisel.

Antropomeetrilised näitajad

Uuringus osalenud vaatlusalused olid jaotatud kahte gruppi: LBP-ga patsiendid ja asümptomaatilistest meessoost isikutest koosnev KG. Analüüsides kahe grupi antropomeetrilisi andmeid, leiti statistiliselt oluline erinevus jalgade pikkuses kahe grupi vahel ($p < 0,05$), samuti võis täheldada, et KG-i vaatlusalused olid mõnevõrra pikemad, kaalusid vähem ja olid nooremad. Sellest olenemata ei leitud peale selle ühtegi teist statistiliselt olulist erinevust gruppide vahel. Seega antropomeetriliste näitajate võrdluses olid grupid üsnagi sarnased ning võis eeldada, et töö tulemused ei ole niivõrd mõjutatud antud näitajatest.

Alaseljavalud

Käesolevas uuringus Oswestry vaegurluse küsimustiku tulemustest selgus, et LBP-ga patsientidel oli LBP kestus vahemikus 3 kuud kuni 6 aastat, keskmiselt $3,46 \pm 0,82$ aastat. Sellest tulenevalt oli LBP-ga patsientide puue Oswestry skaalal keskmiselt $4,57 \pm 1,31$, ulatudes 1-st 10-ni. KG-il oli sama näitaja $0,14 \pm 0,14$, mis tähendas, et kahe grupi vahel oli statistiliselt oluline erinevus. EG-i Oswestry skoorist tulenevalt oli uuritavatel minimaalne puue, jäädes 0-20% hulka. Aroskoski *et al.* (2004) uurisid lihaste aktivatsiooni *bird-dog* harjutuse vältel LBP-ga patsientidel. Uuringusse oli kaasatud 5 meest ja 4 naist vanuses 27-58 eluaastat (keskmine vanus 39 a.). Vaatlusaluste Oswestry skoor oli $25,3 \pm 10,6$, mis tähendas et LBP-ga patsientidel oli tugev puue. McGill (1998) on välja toonud, et *bird-dog* harjutus

põhjustab oluliselt vähem lülide kompressiooni kui nii mõnigi teine seljalihaste treenimiseks mõeldud harjutus. Callaghan *et al.* (1998) on väitnud, et *bird-dog* harjutuse ajal koormatakse lihaseid ebasümmeetriliselt, mis vähendab survet lülisambale. Lisaks on harjutuse ajal lülisammas neutraalses asendis, säilitades lülisamba sagitaaltasapinnas olevad füsioloogilised kumerused. Käesoleva uuringu käigus ei kurnud ükski EG-i vaatlusalune uuringu vältel LBP, mistõttu võib otseselt valust tingitud mõjutused välistada. Kuigi antud uuringus ei põhjustanud minimaalse puude LBP-ga patsientidele asendi hoidmine valu, ei pruugi sama tulemus tulla LBP-ga patsientide testimisel, kellel on suurem puue.

Kehaline aktiivsus

Antud uuringu tulemustest selgus, et kehaline aktiivsus ei olnud LBP-ga patsientidel madalam võrreldes KG-iga. Uuritavate kehaline aktiivsus oli EG-i ja KG-i vahel väga sarnane, indeksid erinesid gruppide vahel minimaalselt ning ühtegi statistiliselt olulist erinevust ei leitud. Lin *et al.* (2011) leidsid, et CLBP-dega patsientidel on kehaline aktiivsus madalam võrreldes tervete inimestega. Samas on ka uuringuid, mis seda ei kinnita. Kehalise aktiivsuse sarnane tase käesolevas uuringus võis olla põhjustatud LBP-ga patsientide minimaalsest puudest, Oswestry küsimustiku näitaja järgi. Suurema puudega LBP-ga patsientide hindamisel oleks kehalise aktiivsuse tase gruppide vahel ilmselt erinevad rohkem.

Subjektiivne väsimus

Subjektiivselt hinnatud väsimusnäitajad võivad lisada suurt kaalu objektiivsetele tulemustele (Dederling *et al.* (1999). Käesoleva uuringu käigus registreeriti vaatlusaluste subjektiivselt hinnatud väsimus Borg skaalal (6-20) enne ja pärast vastupidavustesti. Tulemusi analüüsides leiti, et EG-i ja KG-i vahel ei olnud statistiliselt olulisi erinevusi kuid KG-i vaatlusaluste väsimus oli pärast mõlema testi sooritust mõnevõrra kõrgem, mis viitab sellele, et KG-is osalenud uuritavad pingutasid rohkem kui EG-i vaatlusalused.

Bird-dog asendi hoidmise aeg

Süüden *et al.* (2008), Biering-Sorensen (1984) ja Mannion *et al.* (1997) on leidnud, et LBP-ga patsientidel on seljalihaste vastupidavusaeg sümmeetrilisel pingutusel (Sorenseni test) oluliselt väiksem kui tervetel isikutel. *Bird-dog* asendit ei ole varasemalt kasutatud lihasväsimuse hindamiseks. Käesolevas uuringus võrreldi, kaua suutsid EG-i ja KG-i vaatlusalused ebasümmeetrilist *bird-dog* asendit hoida. Antud uurimistöös selgus, et PKVJ

hoidmisel kahe grupi vahel olulist erinevust ei esinenud, mis tähendab, et kuigi EG-i vaatlusalused kasutasid tunduvalt erinevat lihaste aktivatsioonimustrit, siis suudeti ajaliselt hoida asendit pea sama kaua kui KG-i uuritavad. VJPK hoidmisel EG hoidis *bird-dog* asendit ajaliselt oluliselt vähem (140,0s vs 172,6s). Seletus sellele võib olla EG-i RES lihase 20% väiksem aktivatsioon võrreldes PKVJ hoidmisega või väsimus esimesest sooritusest kuigi subjektiivselt hinnatud väsimuse näitajad mõlema testi alguses ei erinenud omavahel. Uuringu alguses seatud hüpotees, et LBP-ga patsiendid suudavad *bird-dog* asendit hoida ajaliselt vähem kui KG-i vaatlusalused, pidas pooleldi paika. Gardner-Mores ja Stokes (1998) on arvamisel, et pindmiste lihaste suurem aktivatsioon võrreldes süvalihastega suurendab kompressiooni lülisambale ning seljalihaste treenimisel tuleks rohkem rõhku panna süvalihaste aktivatsiooni suurendamisele. Antud töö tulemuste tõlgendamisel tuleb olla aga ettevaatlik, sest kuigi ajaliselt suutsid LBP-ga patsiendid hoida asendit peaaegu sama kaua, siis kompensatoorsed lihaste aktivatsioonimustrid, mida kasutati asendi säilitamiseks võisid olla kahjulikud.

Lihaskäsimise näitajad (MF ja RMS muutused)

RMS amplituudi kõikumist on seletatud lihasaktiivsuse ülekandumisega ühelt lihast teisele (Ohashi, 1995). Arvatakse, et mootorsete ühikute aktiivsuse rotatsioon mitme lihase vahel takistab või vähendab väsimuse tekkimist (Fallentin *et al.*, 1993). Käesolevas uuringus lihaste väsimusnäitajate muutused ei olnud ühesuunalised, et vastata küsimustele, millised lihased väsisid kiiremini ja millised mitte *bird-dog* asendi hoidmisel vastupidavustesti ajal. Samuti ei olnud võimalik võrrelda lihaste väsimust EG-i ja KG-i vahel. Kahe erineva lihaskäsimust hindava meetodi (MF ja RMS muutus) näitajate vahel ei esinenud statistiliselt olulisi erinevusi ($p > 0,05$) nii PKVJ kui ka VKPJ hoidmisel vastupidavustestil. Põhjenduseks võib tuua sarnaselt Ohashi (1995) ja Fallentin *et al.* (1993) uuringus toodud seletus, et *bird-dog* asendi hoidmisel kasutati asendi säilitamiseks lihaseid erineval määral ning indiviiditi kasutati erinevaid strateegiaid. EMG signaale analüüsides leiti, et aja progresseerudes suurendati oluliselt hoitava jala ipsilateraalse EO ja GM lihaste aktiivsust ning sellega vähendadas teiste lihaste koormust. Iga vaatlusaluse lihaskäsimus antud uuringus vastupidavustesti ajal muutus ajas erineva suunaga ning seetõttu lihased ei olnud kogu pingutuse vältel konstantselt ühtlaselt koormatud, lihaskäsimus kas suurenes või vähenes. Lihaskäsimuse näitajates (MF ja RMS muutused) leiti väga suur variatiivsus (Lisa 3), ning nende tulemuste põhjal arvutatud keskmiste näitude võrdlemine ei annaks tõeseid tulemusi, sellegipoolest on töös välja toodud

lihasväsimuse näitajad (MF ja RMS muutus). Töö alguses seatud hüpoteesi, et LBP-ga patsientidel väsivad süvalihased kiiremini kui pindmised lihased ning et LBP-ga patsientide süvalihaste väsimus on suurem kui KG-i uuritavatel, ei leidnud kinnitust, sest saadud tulemused on liiga suure variatiivsusega, tulenevalt erinevatest aktivatsioonimustritest.

Lihasaktivatsiooni erinevused EG-i ja KG-i vahel

Antud uuringu käigus mõõdeti LBP-ga patsientidel ja asümptomaatilistel meessoost vaatlusalustel lihasaktivatsiooni *bird-dog* asendi hoidmisel väsimuseni. Uuringut, kus *bird-dog* asendi hoidmisel oleks võrdlevalt hinnatud nii LBP-ga patsientide kui ka asümptomaatilise kontrollgrupi vaatlusaluseid kirjanduse töötlemisel ei leitud. Käesoleva töö tulemusi analüüsides selgus, et KG-i kõikide lihaste aktivatsiooninäitajad (iRMS) olid suuremad kui EG-il, kuigi statistiliselt oluline erinevus leiti vaid kolme lihase võrdluses. Sellist tulemust ei oodatud kuna kui vaadata EG-i ja KG-i antropomeetrilisi näitajaid ja kehalist aktiivsust, siis võis eeldada sarnasemaid lihaste aktivatsiooni näitajaid. Võrreldes mõlema soorituse ajal gruppide vahel lihasaktivatsioone, leiti et nii PKVJ kui ka VKPJ hoidmisel oli KG-i süvalihaste (RMT ja LMT) aktivatsioon oluliselt suurem võrreldes EG-i samade lihasaktivatsiooni näitajatega. Samuti oli KG-i parema GM lihase aktivatsioon oluliselt suurem võrreldes EG-ga ning seda nii PKVJ kui ka VKPJ hoidmisel.

Lihasaktivatsiooni näitajate analüüsimisel võis täheldada tendentsi selles suunas, et LBP-ga patsiendid kasutasid pindmiseid lihaseid rohkem kui süvalihaseid kuid erinevused ei olnud statistiliselt olulised. Hüpotees, et LBP-ga patsientide süvalihaste (MT) aktivatsioon on madalam võrreldes pindmiste lihaste (ES) aktivatsiooniga ei leidnud kinnitust, küll esines aga positiivne tendents selles suunas. Uurimistöö alguses seatud hüpotees, et LBP-ga patsientidel on süvalihaste aktivatsioon madalam võrreldes KG-i vaatlusalustega, leidis kinnitust.

Lihaste omavahelised suhted

Antud uuringus analüüsiti lihaste omavahelisi suhteid vastupidavustesti vältel ja suhtarve võrreldi EG-i ja KG-i vahel ning täheldati, et EG-i lihasaktivatsiooni näitajad (iRMS) olid väiksemad kui KG-il. Seetõttu arvutades lihaste omavahelised suhted, muutus tulemuste võrdlemine gruppide vahel tõsemaks. See võimaldas ka esile tuua, mis lihaseid kasutati suuremal määral, et tagada lülisamba stabiilsus ja korrektne kehaasend testi vältel. Ainuüksi lokaalne lihassüsteem ei ole võimalik tagamaks lülisamba stabiilsust. Oluline on koordineeritud koostöö lokaalse ja globaalse lihassüsteemi vahel, et tagada hea stabiilne baas.

Siinkohal on väga tähtis teada süvade- ja pindmiste lihaste omavahelist suhet (Stevens *et al.*, 2007a). EMG näitajate põhjal arvatud lihaste omavaheliste suhete muutused on heaks indikaatoriks tuvastamaks muutunud aktivatsioonimustreid ja lihasdüsfunksiooni (Edgerton *et al.*, 1996). Antud töö tulemusi ei ole võimalik otseselt võrrelda eelnevalt läbiviidud uuringutega kirjandusest, sest enamasti on kasutatud RMS näitajaid normaliseeritud maksimaalse jõu suhtes ja arvatud iga lihase aktivatsioon % MVC-st. Lihasaktivatsiooni normaliseerimist MVC-ga saab Konrad (2006) andmetel teostada vaid tervete ja treenitud isikutel, sest vaid sel juhul võib eeldada, et vaatlusalused on sooritanud tõelise maksimaalse pingutuse. Antud uuringus ei kasutatud normaliseerimist, sest LBP-ga patsiendid ei suuda adekvaatselt sooritada kontraktsiooni maksimaaljõuga ning seetõttu võib tulemusi interpreteerida valesti.

Lihaste omavahelised suhted KG-i vaatlusalustel

Callaghan *et al.* (1998) uuris tervetel isikutel lihasaktivatsiooni *bird-dog* asendi hoidmisel. Uuringu ülesehitus sarnanes kõige enam käesoleva uuringuga ja lisaks on uuringus välja toodud kõikide mõõdetud lihaste aktivatsioonid bilateraalselt, mida enamasti samalaadsete uuringute puhul ei ole kajastatud. Käesolevast uuringust saadud lihaste bioelektrilise aktiivsuse näitajad arvutati ümber lihaste omavahelisteks suheteks vastavalt eelpool kirjeldatule, et KG-i asümptomaatiliste vaatlusaluste lihasaktiivsust oleks võimalik võrrelda Callaghan *et al.* (1998) uuringu tulemustega (Lisa 4), milles lihasaktivatsioonid muudeti lihaste omavahelisteks suheteks (Lisa 5). Käesolevas uuringus leiti et, KG-i vaatlusaluste lihasaktivatsioon oli mõnevõrra suurem võrreldes Callaghan *et al.* (1998) uuringuga. Seda võib seletada asjaoluga, et antud uuringus oli vaatlusalustele paigaldatud lisaraskused.

Võrreldes lihasaktivatsioonimustreid, siis Callaghan *et al.* (1998) uuringus vaatlusalused aktiveerisid hoitava jala ipsilateraalset EO lihast ligikaudu 20% vähem, kontralateraalse EO lihase aktiivsus oli mõlema uuringu võrdluses küllaltki sarnane. Callaghan *et al.* (1998) uuringus oli hoitava jala ipsilateraalne ES lihas aktiveeritud suuremal määral võrreldes antud uuringuga (vastavalt 75,44/90,16% vs 63,09/62,37%) ning kontralateraalne ES lihas oli madalama aktiivsusega (vastavalt 57,4/61,91% vs 72,98/86,55%). MT lihaste omavaheline suhe oli käesolevas uuringus oluliselt suurem kui Callaghan *et al.* (1998) uuringus, mille kohaselt oli hoitava jala kontralateraalne MT lihase aktiivsus 47,63/52,7%, käesolevas uuringus aga 30% suurem (vastavalt 77,82/82,03%). Mõlema RA lihase aktiivsus oli käesolevas uuringus madalam, jäädes 6-8% juurde, Callaghan *et al.* (1998) uuringus aga 12-

14 % juurde. Lihasktiivatsiooni erinevuse võimalik seletus on, et käesolevas uuringus olid pinnaelektroodid asetatud RA lihase alumisele osale, Callaghan *et al.* (1998) uuringus aga RA lihase keskosale. Käesoleva uuringu tulemused ühtivad suuremas osas Callaghan *et al.* (1998) uuringuga. Suurim erinevus kahe uuringu vahel oli see, et antud uuringus oli hoitava jala kontralateraalse ES lihase aktiivsus suurem kui ipsilateraalse ES lihase aktiivsus, kuid Callaghan *et al.* (1998) uuringus oli see aga vastupidi. Samas täheldati sarnast strateegiat ka käesoleva uuringu üksikutel vaatlusalustel.

Lihasktiivatsioonimustrid LBP-ga patsientidel

Käesolevas uuringus esines tendents, et LBP-ga patsiendid kasutasid *bird-dog* asendi hoidmisel rohkem pindmiseid lihaseid võrreldes süvalihastega kuid statistilist olulisust ei leitud. Lisaks aktiveerisid LBP-ga patsiendid pindmiseid lihaseid suuremal määral kui KG-i vaatlusalused ning statistiliselt oluline erinevus oli PKVJ hoidmisel kui võrreldi LES/LMT omavahelist suhet. LBP-ga patsientide oli ES lihase aktiivsus ligikaudu 120% MT lihase aktiivsusest, mis KG-il jäi aga umbkaudu 70% juurde. Esines tendents, et EG-i vaatlusalused kasutasid kontralateraalsel MT lihast mõlema soorituse ajal vähem (-10%) kui EG-i uuritavad. Uurimistö alguses seatud hüpotees, et LBP-ga patsientidel on süvalihaste aktiivsus madalam võrreldes pindmiste lihastega, ei leidnud kinnitust, sest statistiliselt olulist erinevust kahe lihasrühma vahel ei esinenud kuid oli näha positiivset tendentsi selles suunas. CLBP-ga patsientidel oli minimaalne puue. LBP-ga patsientide suurema puude ning suurema valimi korral oleks erinevused suure tõenäosusega olnud rohkem väljendunud.

LBP algetappides on võimalik täheldada pindmiste ja süvade lihaste aktiivatsioonimustrite häirumist. LBP-ga patsientidel on vähenenud võime aktiveerida lokaalset MT lihast ning seetõttu kompensatoorset suurendatakse pindmiste lihaste aktiivsust, et lülisamba stabiilsus ei kannataks (Alexiev, 1994; Danneels *et al.*, 2000; Tsao *et al.*, 2010; Van Dieën *et al.*, 2003a).

Arokoski *et al.* (2004) uurisid LBP-ga nais- ja meessoost patsientide lihasaktiivatsiooni *bird-dog* harjutuse vältel kuid tulemusi ei ole võimalik antud uuringu omadega võrrelda kuna tolles uuringus liideti parema ja vasaku kehapoole aktiivsus ning näidati ainult summeeritud tulemust. Kuna on teada, et meestel ja naistel on mõnevõrra erinev lihasaktiivsus, on tulemuste interpreteerimine keeruline ning ebausaldusväärne. Samuti olid uuritavad väga laias vanusevahemikus (27-58 eluaastat). Arokoski *et al.* (2004) uuring on autorile ainus teadaolev uuring, mille käigus on hinnatud LBP-ga patsientide lihasaktiivatsiooni *bird-dog* harjutuse ajal.

Mitmetes uuringutes on vastavalt valu-spasm-valu mudelile täheldatud kehatüvelihaste suurenenud ko-aktivatsiooni LBP-ga inimestel (Radebold *et al.*, 2000; Van Dieën *et al.*, 2003a). Antud uuringus samuti täheldati LBP-ga patsientidel suurenenud ümbritsevate lihaste ko-aktivatsiooni. Tendents esines selles suunas, et EG-i uuritavad kasutasid asendi hoidmisel suuremat EO lihaste aktivatsiooni kui KG-i vaatlusalused (Tabel 8). Selgus, et PKVJ hoidmisel EG-i mõlema kehapoole RA lihase aktivatsioon ning VKPJ hoidmisel LRA lihase aktivatsioon, oli suurem võrreldes KG-ga. Seega antud uurimistöö alguses seatud hüpotees, et LBP-ga patsientidel on suurem lihaste ko-aktivatsioon, leidis kinnitust RA lihase osas, ning esines tendents EO lihaste suuremale ko-kontraktsioonile.

Leinonen *et al.* (2000) on näidanud, et GM lihase aktivatsioon on vähenenud LBP-ga patsientidel seistes painutades ning selja sirutamisel. GM lihase aktivatsiooni analüüsi on *bird-dog* harjutuse uurimisel kasutatud väga vähe, ning kuna kirjandusest ei leitud uuringut, mille tulemusi saaks võrrelda käesoleva uuringu andmetega, võrreldi GM lihase aktivatsiooni ainult gruppide vahel. PKVJ hoidmisel oli moodustas KG-i GM lihase aktivatsioon 40% MT lihasest, aga VKPJ hoidmisel juba 79%. EG-i samad näitajad kahe soorituse piires oluliselt ei erinenud, GM lihase aktivatsioon vastavalt 60% ja 63%. Sellest saab järeldada, et EG-i vaatlusalused kasutasid GM lihast vastupidavustesti vältel analoogselt kuid KG-i uuritavad kasutasid PKVJ hoidmisel GM lihast suuremal määral kui VKPJ hoidmisel. Kas GM lihase kasutus analüüsides mõlema grupi näitajaid, oli normile vastav, ei ole antud hetkel võimalik öelda, kuna tulemused on liiga suure variatiivsusega ning normatiivset väärtust kirjandusest ei leitud.

Lihaste aktivatsiooni strateegiad

Käesolevas uuringus leiti, et KG-i vaatlusalused kasutasid testi vältel mitmeid kehatüve- ja alajäseme lihaste aktivatsiooni strateegiaid. Analüüsides indiviidide lihasaktivatsioone avastati ühtivaid lihasaktivatsioonimustreid. KG-i vaatlusalused kasutasid enamasti kahte aktivatsioonimustrit. Esiteks hoitava jala MT lihas oli suurima aktiivsusega võrreldes kõigi teiste lihastega. MT lihase aktivatsioon oli toetatud vastaspoole MT lihase aktivatsiooniga; ES lihaseid kasutati bilateraalselt küllaltki võrdselt, mis tähendas et lihastevaheline aktivatsiooni erinevus oli alla 10%; hoitava poole EO lihas oli suurema aktiivsusega kui kontralateraalne EO lihas, moodustades vastavalt 70% MT lihasest ja 22%. Teine aktivatsioonimuster, mida võis KG-il täheldada oli üldjoontes sama esimesega kuid seekord ei aktiveeritud mõlemat ES

bilateraalselt võrdselt vaid esines rohkem selektiivsust, mistõttu hoitava jala MT lihase aktivatsioon oli kombineeritud kontralateraalse poole ES lihase aktiivsusega. Seega ES lihasaktivatsioonide erinevus oli ligikaudu 20%.

Callaghan *et al.* (1998) arvamusel, et RA lihase madal aktiivsus *bird-dog* harjutuse vältel tähendab, et RA ei olnud funktsionaalselt aktiivne harjutuse ajal ning et lihas ei panustanud oluliselt lülisamba stabiilsusesse. Antud uuringus *bird-dog* asendi hoidmisel oli samuti RA lihase aktivatsioon suhteliselt madal ja seda mõlema grupi puhul. RA lihase aktiivsus ei erinenud ka poolte vahel, millest sarnaselt Callghan *et al.* (1998) järeldati, et RA lihas ei mänginud olulist rolli asendi hoidmisel. Arvestades, et RA kuulub pindmiste lihaste hulka (Cholewicki *et al.*, 1999) ning kuna *bird-dog* asend sisaldas isomeetrilist kontraktsiooni ja jäsemete ega kehatüve liigutusi ei leidnud aset, siis on loogiline, et selle lihase aktiivsus oli ka suhteliselt madal.

Lihaseaktivatsiooni jaotuvus pindmiste ja süvalihaste vahel

Käesolevas töös analüüsiti pindmiste- ja süvalihaste aktivatsiooni *bird-dog* asendi hoidmisel ning leiti, et LBP-ga patsiendid kasutasid oluliselt suuremal määral pindmiste lihaste aktivatsiooni võrreldes süvalihastega ning seda täheldati nii PKVJ kui ka VKPJ hoidmisel. LBP-ga patsientide pindmiste lihaste aktivatsiooni suuremat aktiivsust võrreldes süvalihastega täheldati kui võrreldi parema ja vasaku kehapoole lihaseid eraldi ning sama tulemus saadi ka summeeritud näitajate võrdluses. Kahe grupi vahel võrreldi süvalihaste aktivatsiooni ning leiti, et KG-i vaatlusaluste süvalihaste aktiivsus oli oluliselt suurem LBP-ga patsientide omast ning tulemus saadi võrreldes parema ja vasaku kehapoole lihaseid eraldi aga ka summeeritud näitajate võrdluses. Uurimistöö alguses seatud hüpotees, et LBP-ga patsientidel on süvalihaste aktiivsus madalam võrreldes pindmiste lihastega, leidis kinnitust, sest lihaste aktivatsioonide võrdluses esines statistiliselt oluline erinevus. Uurimistöö alguses seatud hüpotees, et LBP-ga patsientidel on süvalihaste aktivatsioon madalam võrreldes KG-i vaatlusalustega, leidis samuti kinnitust.

Lihaste aktivatsiooni erinevused poolte vahel

Lihaseaktivatsiooni pooltevahelisi erinevusi on enamjaolt leitud sümmeetriliste tegevuste ajal (Newcomer *et al.*, 2002). Antud uuringus ei olnud võimalik pooltevahelist erinevust välja tuua kuna esiteks hoitav asend oli ebasümmeetriline, mistõttu lihaste aktivatsioon oli juba algusest

peale erinev poolte vahel. Teiseks kasutati asendi hoidmisel mitmeid lihaste aktivatsioonimustreid, mis muutis pooltevahelise erinevuse arvutamise võimalikuks. Samadel põhjustel ei olnud võimalik LBP-ga patsientidel tuua välja erinevusi valu ja valuvaba poole vahel. Lisaks sellele oli LBP-ga patsientidel valu pool erinev: 4-l vaatlusalusel paremal, ühel uuritava vasakul pool ja kahel uuritava keskel.

Uuringu tugevad ja nõrgad küljed, praktiline väljund ja tulevikusuunad

Käesoleva uuringu limiteerivate faktoritena võib välja tuua vaatlusaluste väikse arvu. Väike valim oli põhjustatud uuringule seatud väga paljudest välistamise- ja kaasamise kriteeriumitest. Lisaks uuriti ainult mehi ning perearstidelt saadud tagasisidest selgus, et sellises vanusegrupis CLBP-ga meessoost patsientide arv on väike. Põhjuseks toodi LBP kiire taandumine ja asjaolu, et mehed lihtsalt ei tule mõõduka LBP-ga arsti juurde. Balagué *et al.* (2012) ja Hides *et al.* (1996) on leidnud, et LBP akuutne faas möödub 90% patsientidest juba 2-4 nädala jooksul. Käesoleva uuringu kaasamiskriteeriumiks oli aga LBP kestus vähemalt 3 kuud. Patsiente, kellel on LBP kestnud rohkem kui 3 kuud kuid puudusid neuroloogilised või traumaatilised vigastused oli keeruline leida.

Kavcic *et al.* (2004b) uuris samuti *bird-dog* harjutust ja näitas oma uuringuga, et lülisambale koormust lisades on võimalik paremini näha lihaste omavahelist integratsiooni, tagamaks lülisamba stabiilsuse ning et lihaste aktivatsioonimustrid võivad muutuda koos koormuse muutustega. Antud uuringus oli vaatlusaluste jäsemete distaalse osa külge kinnitatud 1kg raskused, et paremini välja selgitamiseks kompenseerivad lihasaktivatsioonimustrid ning samuti lihaste vastupidavusaeg. Kuigi asendit hoiti kurnatuseni ja hoitavatele jäsemetele oli asetatud lisaraskused, siis tegelikkuses tuleks *bird-dog* harjutust kasutada hoides asendit 8-10 sekundit ning seejärel viia kõhu all sirutatud jäsemed kokku, puudutades sõrmedega põlve ning seejärel sirutades jäsemed uuesti (McGill, 2002). Selline uuringu ülesehitus oli üksnes mõeldud LBP-ga patsientide ja KG-i paremaks eristamiseks.

Antud töö tulemused võimaldavad füsioterapeutidel, treeneritel ja taastusravi arstidel mõista, kuidas LBP-ga patsiendid kasutavad kehatüve ja -alajäseme lihaseid *bird-dog* stabilisatsiooni harjutuse vältel ning milliseid aktivatsioonimustreid tuleks kasutada ja milliseid mitte. Tulevikus tuleks uurida LBP-ga patsientide lihasaktivatsioonimustreid rehabilitatsioonis enim kasutatud harjutuste vältel, et parandada ravi kvaliteeti ning suurendada teadmisi, kuidas aktiveerivad lihaseid LBP-ga patsiendid erinevate terapeutiliste harjutuste vältel.

6. JÄRELDUSED

1. CLBP-ga meessoost patsientidel vanuses 20-40 aastat oli seljavalust põhjustatud puue suurem kuid kehaline aktiivsus võrreldes KG-ga ei erinenud. *Bird-dog* vastupidavustesti alguses subjektiivselt tunnetatud seljavalu tugevus ei olnud muutunud pärast testi.
2. CLBP-ga patsientidel ei leitud *bird-dog* asendi hoidmisel suutlikkuseni vastupidavusaja ega kehatüve- ja alajäsemete lihaste väsimuse näitajates (MF ja RMS muutus) olulist erinevust KG-ga võrreldes, sest asendi hoidmisel aktiveeriti kompensatoorselt lihaseid indiviidi erinevalt.
3. CLBP-ga patsientidel oli *bird-dog* asendi hoidmisel pindmiste lihaste (ES) aktivatsioon suurem võrreldes süvalihastega (MT). Patsientide süvalihaste aktivatsioon oli madalam ning ümbritsevate lihaste (RA) ko-kontraktsioon suurem võrreldes KG-ga. Patsientidel esines tendents EO ko-kontraktsiooni suurenemisele võrreldes KG-ga.
4. *Bird-dog* vastupidavustesti ajal (PKVJ ja VKPJ) olulist erinevust parema ja vasaku kehapoole vahel ei täheldatud, sest lihasaktivatsiooni jaotuvus lihaste vahel ei olnud kogu testi vältel ühtlane.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Alexiev AR. Some differences of the electromyographic erector spinae activity between normal subjects and low back pain patients during the generation of isometric trunk torque. *Electromyography and Clinical Neurophysiology* 1994; 34: 495-499.
2. Aleksiev A, Pope M, Hooper D, Wilder D, Magnusson M, Goel VK, Weinstein J, Spratt K, Lee S. Pelvic unlevelness in chronic low back pain patients: biomechanics and EMG time-frequency analyses. *European Journal of Physical Medicine and Rehabilitation* 1996; 6: 3-16.
3. Arokoski JP, Kankaanpää M, Valta T, Juvonen I, Partanen J, Taimela S, Lindgren K-A, Airaksinen O. Back and hip extensor muscle function during therapeutic exercises. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 1999; 80: 842-850.
4. Arokoski JP, Valta T, Airaksinen O, Kankaanpää M. Back and abdominal muscle function during stabilization exercises. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2001; 82: 1089-1098.
5. Arokoski JP, Valta T, Kankaanpää M, Airaksinen O. Activation of lumbar paraspinal and abdominal muscles during therapeutic exercises in chronic low back pain patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2004; 85: 823-832.
6. Baecke JAH, Burema J, Frijters JER. A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. *The American Journal of Clinical Nutrition* 1982; 36: 936-942.
7. Basmajian JV, De Luca CJ. *Muscles alive: their functions revealed by electromyography*. Baltimore (MD): Williams & Wilkins; 1985.
9. Balagué F, Mannion AF, Pellisé F, Cedraschi C. Non-specific low back pain. *Lancet* 2012; 379: 482-91.
8. Bergmark A. Stability of the lumbar spine. *Acta Orthopaedica Scandinavica* 1989; 60: 1-54.
9. Biedermann HJ, DeFoa LJ, Forrest WJ. Muscle fiber directions of iliocostalis and multifidus: male-female differences. *Journal of Anatomy* 1991; 179: 163-167.
10. Biedermann HJ, Shanks GL, Inglis J. Median frequency estimates of paraspinal muscles: reliability analysis. *Electromyography and Clinical Neurophysiology* 1990; 30: 83-88.
11. Biering-Sorensen F. Physical measurements as risk indicators for low-back trouble over a one-year period. *Spine* 1984; 9: 106-119.
12. Bradl I, Mörl F, Scholle HC, Graßme R, Müller R, Grieshaber R. Back muscle activation pattern and spectrum in defined load situations. *Pathophysiology* 2005; 12: 275-280.

13. Bogduk N, Twomey LT. Clinical anatomy of the lumbar spine. 2nd rev ed. New York: Churchill Livingstone; 1991, 83-105.
14. Borg G. Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* 1990; 16: 55-58.
15. Callaghan JP, Gunning JL, McGill SM. The relationship between lumbar spine load and muscle activity during extensor exercises. *Physical Therapy* 1998; 78: 8-18.
16. Cassisi JE, Robinson ME, O'Connor P, MacMillan M. Trunk strength and lumbar paraspinal muscle activity during isometric exercise in chronic low-back pain patients and controls. *Spine* 1993; 18: 245-251.
17. Cholewicki J, Juluru K, McGill SM. Intra-abdominal pressure mechanism for stabilizing the lumbar spine. *Journal of Biomechanics* 1999; 32: 13-17.
18. Crisco JJ, Panjabi MM. Postural biomechanical stability and gross muscular architecture in the spine, in: J.M. Winters, S.L. Woo (Eds.), *Multiple Muscle Systems: Biomechanics and Movement Organization*. New York: Springer-Verlag; 1990, 438-450.
19. Crisco JJ, Panjabi MM, Yamamoto I, Oxland TR. Euler stability of the human ligamentous lumbar spine: Part II experiment, *Clinical Biomechanics* 1992; 7: 27-32.
20. Danneels LA, Coorevits PL, Cools AM, Vanderstraeten GG, Cambier DC, Witvrouw EE, De Cuyper HJ. Differences in electromyographic activity in the multifidus muscle and the iliocostalis lumborum between healthy subjects and patients with sub-acute and chronic low back pain. *European Spine Journal* 2002; 11: 13-19.
21. Danneels LA, Vanderstraeten G, Cambier D, Witvrouw E, De Cuyper H. CT imaging of trunk muscles in chronic low back pain patients and healthy control subjects. *European Spine Journal* 2000; 9: 266-272.
22. Dederling A, Németh G, Harms-Ringdahl K. Correlation between electromyographic spectral changes and subjective assessment of lumbar muscle fatigue in subjects without pain from the lower back. *Clinical Biomechanics* 1999; 14: 103-111.
23. De Luca CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. *Journal of Applied Biomechanics* 1997; 13: 135-163.
24. De Luca CJ. Use of the surface EMG signal for performance evaluation of back muscles. *Muscle Nerve* 1993; 16: 210-216.
25. De Luca CJ. Myoelectrical manifestations of localized muscular fatigue in humans. *Critical Reviews in Biomedical Biomechanics* 1984; 11: 251-279.
26. Edgerton V, Wolf S, Levendowski D, Roy R. Theoretical basis for patterning EMG amplitudes to assess muscle dysfunction. *Medical Science Sports Exercise* 1996; 28: 744-51.

27. Ekstrom RA, Donatelli RA, Carp KC. Electromyographic analysis of core trunk, hip, and thigh muscles during 9 rehabilitation exercises. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 2007; 37: 754-762.
28. Ekstrom RA, Osborn RW, Hauer PL. Surface electromyographic analysis of the low back muscles during rehabilitation exercises. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 2008; 38: 736-745.
29. Elfving B, Dederich A, Nemeth G. Lumbar muscle fatigue and recovery in patients with long-term low-back trouble-electromyography and health-related factors. *Clinical Biomechanics* 2003; 18: 619-630.
30. Enoka RM, Duchateau J. Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. *Journal of Physiology* 2008; 586.1: 11-23.
31. Fallentin N, Jørgensen K, Simonsen EB. Motor unit recruitment during prolonged isometric contractions. *European Journal of Applied Physiology* 1993; 67: 335-341.
32. Fukuda, TY, Alvarez AS, Nassri LFG, Godoy CMG. Quantitative electromyographic assessment of facial muscles in cross-bite female children. *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica*, 2008; 24: 123-130.
33. Garcia-Vaquero MP, Moreside JM, Brontons-Gil E, Peco-González N, Vera-Garcia FJ. Trunk muscle activation during stabilization exercises with single and double leg support. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2012; 22: 398-406.
34. Gardner-Mores M, Stokes I. The effects of abdominal muscle coactivation on lumbar spine stability. *Spine* 1998; 23: 86-92.
35. Gilleard WL, Brown JMM. An electromyographic validation of an abdominal muscle test. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 1994; 75: 1002-1007.
36. Hermens HJ, Freriks B, Merletti R, Stegeman D, Blok J, Rau G, Disselhorst-Klug C, Hägg G. SENIAM. European recommendations for surface electromyography. Roessingh Research and Development b.v; 1999.
37. Hides JA, Richardson C, Jull AM. Multifidus muscle recovery is not automatic after resolution of acute, first-episode low back pain. *Spine* 1996; 21: 2763-2769.
38. Hodges PW, Richardson CA. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine* 1996; 21: 2640-2650.
39. Hultman G, Nordin M, Saraste II, Ohlson H. Body composition, endurance, strength, cross-sectional area, and density of mm erector spinae in men with and without low back pain. *Journal of Spinal Disorders* 1993; 6: 114-123.

40. Hägg GM. Interpretation of EMG spectral alterations and alteration indexes at sustained contraction. *Journal of Applied Physiology* 1992; 73: 1211-1217.
41. Johnson B. The functions of the individual muscles in the lumbar part of the spinae muscle. *Electromyography* 1970; 10: 5-21.
42. Kankaanpää M, Taimela S, Laaksonen D, Hänninen O, Airaksinen O. Back and hip extensor fatigability in chronic low back pain patients and controls. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 1998; 79: 412-417.
43. Kavanagh JJ, Morrison S, Barrett RS. Lumbar and cervical erector spinae fatigue elicit compensatory postural responses to assist in maintaining head stability during walking. *Journal of Applied Physiology* 2006; 101: 1118-1126.
44. Kavcic N, Grenier S, McGill SM. Determining the stabilizing role of individual torso muscles during rehabilitation exercises. *Spine* 2004a; 29: 1254-1265.
45. Kavcic N, Grenier S, McGill SM. Quantifying tissue loads and spine stability while performing commonly prescribed low back stabilization exercises. *Spine* 2004b; 29: 2319-2329.
46. Kolber MJ, Beekhuizen K. Lumbar stabilization: An evidence-based approach for the athlete with low bac pain. *Strength and Conditioning Journal* 2007; 29: 26-37.
47. Kong YS, Cho YH, Park JW. Changes in the Activities of the Trunk Muscles in Different Kinds of Bridging Exercises. *Journal of Physical Therapy Science* 2013; 25: 1609-1612.
48. Konrad P. The ABC of EMG: A practical introduction to kinesiological electromyography. Arizona: Noraxon U.S.A, Inc; 2006.
49. Krismer M, van Tulder M. Low back pain (non-specific). *Best Practice & Research Clinical Rheumatology* 2007; 21: 77-91.
50. Leinonen V, Kankaanpää M, Airaksinen O, Hänninen O. Back and hip extensor activities during trunk flexion/extension: effects of low back pain and rehabilitation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2000; 81: 32-37.
51. Lin CWC, McAuley JH, Macedo L, Barnett DC, Smeets RJ, Verbunt JA. Relationship between physical activity and disability in low back pain: A systematic review and meta-analysis. *Pain* 2011; 152: 607-613.
52. Lindström LR, Kadefors R, Petersen I. An electromyographic index for localized muscle fatigue. *Journal of Applied Physiology* 1997; 43: 750-754.
53. Lippold OCJ, Redfearns JWT, Vuco J. The electromyography of fatigue. *Ergonomics* 1960; 3: 121-131.

54. Longo UG, Loppini M, Denaro L, Maffulli N, Denaro V. Rating scales for low back pain. *British Medical Bulletin* 2010; 94: 81-144.
55. Lund JP, Donga R, Widmer CG. The pain adaptation model: A discussion of the relationship between chronic musculoskeletal pain and motor activity. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology* 1991; 69: 683-694.
56. Mannion AF, Connolly B, Wood K, Dolan P. The use of surface EMG power spectral analysis in the evaluation of back muscle function. *Journal of Rehabilitation Research and Development* 1997; 34: 427-439.
57. Mannion AF, Dolan P. Electromyographic median frequency changes during isometric contraction of the back extensors to fatigue. *Spine* 1994; 19: 1223-1229.
58. Mannion AF, Dolan P. The effects of muscle length and force output on the EMG power spectrum of the erector spinae. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 1996; 6: 159-168.
59. Marras WS, Davis KG, Ferguson SA, Lucas BR, Gupta P. Spine loading characteristics of patients with low back pain compared with asymptomatic individuals. *Spine* 2001; 26: 2566-2574.
60. McGill SM. Low back disorders. Evidence-based prevention and rehabilitation. Champaign, Illinois: Human Kinetics; 2002.
61. McGill SM. Low back exercises: evidence for improving exercise regimens. *Physical Therapy* 1998; 78: 754-765.
62. McGill SM, Karpowicz A. Exercises for spine stabilization: motion/motor patterns, stability progressions, and clinical technique. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2009; 90: 118-126.
63. Merletti R. Surface electromyography: possibilities and limitations. *Journal of Rehabilitation Sciences* 1994; 7: 24-34.
64. Mirka GA, Marras WS. A stochastic model of trunk muscle coactivation during trunk bending. *Spine* 1993; 18: 1396-1409.
65. Moffroid MT. Endurance of trunk muscles in persons with chronic low back pain: Assessment, performance, training. *Journal of Rehabilitation Research and Development* 1997; 34: 440-447.
66. Movahed M, Ohashi J, Kurustien N, Izumi H, Kumashiro M. Fatigue sensation, electromyographical and hemodynamic changes of low back muscles during repeated static contraction. *European Journal of Applied Physiology* 2011; 111: 459-467.

67. Nelson JM, Walmsley RP, Stevenson JM. Relative lumbar and pelvic motion during loaded spinal flexion/extension. *Spine* 1995; 20: 199-204.
68. Newcomer KL, Jacobson TD, Gabriel DA, Larson DR, Brey RH, An KN. Muscle activation patterns in subjects with and without low back pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2002; 83: 816-821.
69. Nicolaisen T, Jørgensen K. Trunk strength, back muscle endurance and low-back trouble. *Scandinavian Journal of Rehabilitatoin Medicine* 1985; 17: 121-127.
70. Nouwen A, Van Akkerveeken PF, Versloot JM. Patterns of muscular activity during movement in patients with chronic lowback pain. *Spine* 1987; 12: 777-782.
71. Oddsson LI, De Luca CJ. Activation imbalances in lumbar spine muscles in the presence of chronic low back pain. *Journal of Applied Physiology* 2003; 94: 1410-1420.
72. Oddsson LI, Giphart JE, Buijs RJ, Roy SH, Taylor HP, De Luca CJ. Development of new protocols and analysis procedures for the assessment of LBP by surface EMG techniques. *Journal of Rehabilitation Research and Development* 1997; 34: 415-26.
73. Ohashi J. Difference in changes of surface EMG during lowlevel static contraction between monopolar and bipolar lead. *Applied Human Science* 1995; 14: 79-88.
74. Okubo Y, Kaneoka K, Imai A, Shiina I, Tatsumura M, Izumi S, Miyakawa S. Electromyographic analysis of transversus abdominis and lumbar multifidus using wire electrodes during lumbar stabilization exercises. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 2010; 40: 743-750.
75. O'Sullivan PB, Twomey L, Allison G. Dysfunction of the neuromuscular system in the presence of low back pain - implications for physical therapy management. *Journal of Manual and Manipulative Therapy* 1997; 5: 20-26.
76. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *Journal of Spinal Disorders* 1992a; 5: 383-389.
77. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part II. Neutral zone and stability hypothesis. *Journal of Spinal Disorders* 1992b; 5: 390-397.
78. Paquet N, Malouin F, Richards CL. Hip-spine movement interaction and muscle activation patterns during sagittal trunk movements in low back pain patients. *Spine* 1993; 19: 596-603.
79. Peach JP, McGill SM. Classification of low back pain with the use of spectral electromyogram parameters. *Spine* 1998; 23: 1117-1123.

80. Pirouzi S, Emami F, Taghizadeh S, Ghanbari A. Is abdominal muscle activity different from lumbar muscle activity during four-point kneeling? *Iranian Journal of Medical Sciences* 2013; 38: 327-333.
81. Radebold A, Cholewicki J, Panjabi MM, Patel TC. Muscle response pattern to sudden trunk loading in healthy individuals and in patients with chronic low back pain. *Spine* 2000; 25: 947-954.
82. Richardson C, Jull G, Hodges P, Hides J. *Therapeutic exercises for spinal segmental stabilization in low back pain*. Toronto: Churchill Livingstone; 1999.
83. Reeves NP, Cholewicki J, Silfies SP. Muscle activation imbalance and low-back injury in varsity athletes. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2006; 16: 264-272.
84. Robinson ME, Cassissi JE, O'Connor PD, MacMillan M. Lumbar iEMG during isotonic exercise: chronic low back pain patients versus controls. *Journal of Spinal Disorders* 1992; 5: 8-15.
85. Roland MO. A critical review of the evidence for a pain-spasm-pain cycle in spinal disorders. *Clinical Biomechanics* 1986; 1: 102-109.
86. Roy SH, De Luca CJ, Emley M, Buijs RJ. Spectral electromyographic assessment of back muscles in patients with low back pain undergoing rehabilitation. *Spine* 1995; 20: 38-48.
87. Roy SH, De Luca CJ, Casavant DA. Lumbar muscle fatigue and chronic lower back pain. *Spine* 1989; 14: 992-1001.
88. Smidt G, Herring T, Amundsen L, Rogers M, Russell A, Lehmann T. Assessment of abdominal and back extensor function. A quantitative approach and results for chronic low-back patients. *Spine* 1983; 8: 211-219.
89. Souza GM, Baker LL, Powers CM. Electromyographic activity of selected trunk muscles during spine stabilization exercises. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2001; 82: 1551-1557.
90. Stevens VK, Coorevits PL, Bouche KG, Mahieu NN, Vanderstraeten GG, Danneels LA. The influence of specific training on trunk muscle recruitment patterns in healthy subjects during stabilization exercises. *Manual Therapy* 2007a; 12: 271-279.
91. Stevens VK, Vleeming A, Bouche KG, Mahieu NN, Vanderstraeten GG, Danneels LA. Electromyographic activity of trunk and hip muscles during stabilization exercises in four-point kneeling in healthy volunteers. *European Spine Journal* 2007b; 16: 711-718.
92. Sung PS, Lammers AR, Danial P. Different parts of erector spinae muscle fatigability in subjects with and without low back pain. *The Spine Journal* 2009; 9: 115-120.

93. Süüden E, Ereline J, Gapeyeva H, Pääsuke M. Low back muscle fatigue during Sorensen endurance test in patients with chronic low back pain: relationship between electromyographic spectral compression and antropometric characteristics. *Electromyography and Clinical Neurophysiology* 2008; 48: 185-192.
94. Travell J, Rinzter S, Herman M. Pain and disability of the shoulder and arm. *Journal of the American Medical Association* 1942; 120: 417-422.
95. Tsao H, Druitt TR, Schollum TM, Hodges PW. Motor training of the lumbar paraspinal muscles induces immediate changes in motor coordination in patients with recurrent low back pain. *The Journal of Pain* 2010; 11: 1120-1128.
96. Tøndel MU, Nilsen TIL, Magnussen J, Vasseljen O. Is activation of transversus abdominis and obliquus internus abdominis associated with long-term changes in chronic low back pain? *British Journal of Sports Medicine* 2012; 46: 729-734
97. Van Dieën JH, Oude Vrielink HHE, Housheer AF, Lfitters FBJ, Toussaint HM. Trunk extensor endurance and its relationship to electromyogram parameters. *European Journal of Applied Physiology* 1993; 66: 388-396.
98. Van Dieën JH, Cholewicki J, Radebold A. Trunk muscle recruitment patterns in patients with low back pain enhance the stability of the lumbar spine. *Spine* 2003a; 28: 834-841.
99. Van Dieën JH, Selen LPJ, Cholewicki J. Trunk muscle activation in low-back pain patients, an analysis of the literature. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2003b; 13: 333-351.
100. Van Weering M, Vollenbroek-Hutten MMR, Kotte Roessingh MMR, Hermens HJ. Daily physical activities of patients with chronic pain or fatigue versus asymptomatic controls. A systematic review. *Clinical Rehabilitation* 2007; 21: 1007-1023.
101. Vera-Garcia FJ, Barbado D, Moya M. Trunk stabilization exercises for healthy individuals. *Brazilian Journal of Kinanthropometry and Human Performance* 2014; 16: 200-211.
102. Vezina MJ, Hubley-Kozey CL. Muscle activation in therapeutic exercises to improve trunk stability. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2000; 81: 1370-1379.
103. Walker BF. The prevalence of low back pain: a systematic review of the literature from 1966 to 1998. *Journal of Spinal Disorders* 2000; 13: 205-217.

**Trunk and hip muscle activation and fatigue during static endurance test in patients
with idiopathic chronic low-back pain and asymptomatic males**

Timo M   r

SUMMARY

Low-back pain (LBP) has a lifetime prevalence of 60-85%. 23% of whom have LBP with a duration of 3 months and more and thus defined as CLBP. 10% of cases can be identified by a specific cause and all the other patients are classified as having a non-specific LBP. LBP patients have demonstrated higher fatigability and altered activation patterns of the back extensor muscles. It is necessary to understand how muscles are recruited during therapeutic exercise and which activation patterns are optimal to use when treating LBP patients.

The objective of the study was to analyze trunk and hip extensor muscle fatigue parameters and muscle activation patterns in male chronic low-back pain (CLBP) patients during static endurance test (bird-dog) and compare the results to asymptomatic controls.

7 males (mean age $26,29 \pm 1,84$) with idiopathic CLBP and 7 asymptomatic controls (mean age $24,14 \pm 0,51$) participated in the study after signing a voluntary consent form. Participants were included if they had a non-specific low back pain persisting 3 months or more. Participants were excluded if they were overweight ($BMI > 32$), had neurological, traumatic or orthopedic disorders. All the examinations were performed at the Laboratory of Kinesiology and Biomechanics of the University of Tartu. The study was approved by the Ethics Committee of the University of Tartu.

All the participants filled out Baecke physical activity and Oswestry disability questionnaires. Anthropometric parameters (body mass, body height, BMI) were evaluated. Bioelectrical activity of the muscles were recorded with ME6000 electromyography system during bird-dog position until exhaustion. Dual disposable Ag/AgCl bipolar surface electrodes were attached bilaterally over the ES (*m. erector spinae*) muscle at L2, MT (*m. multifidus*) muscle at L5, GM (*m. gluteus maximus*) muscle, lower RA (*m. rectus abdominis*) and EO (*m. external oblique*) muscles.

The main results of the study were:

1. CLBP patients aged 20-40 years had a greater disability but the level of physical activity did not differ compared with the control group. LBP measured in the beginning of bird-dog endurance test did not change significantly after the test.
2. CLBP patients did not differ from control group based on endurance times or fatigue parameters (MF slope, RMS slope) while holding bird-dog position until exhaustion, because subjects used a lot of different compensatory muscle activation patterns.
3. CLBP patients activated global muscles (ES) more than deep muscles (MT) during bird-dog position. Patients had a lower activation level of deep muscles (MT) but used more co-contraction of the surrounding muscles (RA) compared to the control group. Patients also demonstrated tendency of using EO muscles more than the control group.
4. During bird-dog endurance test no significant difference between left and right side was observed because the activation distribution between the muscles differed during the test

TÄNUAVALDUS

Täna oma magistr töö juhendajat teadur Helena Gapeyevat heade nõuannete ja ettepanekute eest.

Olen tänulik ka Ülikooli Perearstikeskuse perearstidele koostöö ning patsientide uuringusse valimise eest.

Täna kõiki vaatlusaluseid, kes uuringutes osalesid.

LISAD

LISA 1.

Oswestry vaegurluse küsimustik

Küsimustiku eesmärk on teada saada, kuidas selja- või jalavalu mõjutab Teie toimetulekut igapäevaelus. Palun vastake igale punktile. Märgistage ainult see vastusevariant, mis kirjeldab Teie hetkeseisundit kõige paremini.

Vanus:

Sugu: M N

Elukutse:

Kui kaua on Teil esinenud seljavalusid (kui mitu päeva, kuud, aastat):.....

Kas Teil esineb seljavalu esmakordselt või on krooniline:.....

1. osa. Valu tugevus

- ☐ Hetkel mul valu ei esine.
- ☐ Hetkel on valu nõrk.
- ☐ Hetkel on valu keskmine.
- ☐ Hetkel on valu üsna tugev.
- ☐ Hetkel on valu väga tugev.
- ☐ Hetkel on valu väljakannatamatu.

2. osa. Enesehooldus (pesemine, riietumine jne.)

- ☐ Saan enesehooldusega hakkama, ilma et see põhjustaks valu.
- ☐ Saan enesehooldusega hakkama, kuid see põhjustab valu.
- ☐ Enesehooldus põhjustab valu ning ma olen ettevaatlik.
- ☐ Enamasti saan enesehooldusega hakkama, kuid vajan abi.
- ☐ Enamasti vajan enesehoolduse puhul abi iga päev.
- ☐ Ma ei suuda ennast riietada, enda pesemine on raske ning ma olen voodis.

3. osa. Tõstmine

- ☐ Suudan tõsta raskeid esemeid, ilma et see põhjustaks valu.
- ☐ Suudan tõsta raskeid esemeid, kuid see põhjustab valu.
- ☐ Valu ei võimalda mul suuri raskusi põrandalt tõsta, kuid saan hakkama, kui need on asetatud sobivale kohale, näiteks lauale.
- ☐ Valu ei võimalda mul tõsta suuri raskusi, kuid kergete ja keskmiste raskustega saan hakkama, kui need on asetatud sobivale kohale.

☐ Suudan tõsta ainult väga kergeid esemeid.

☐ Ma ei suuda midagi tõsta ega kanda.

4. osa. Kõndimine

☐ Valu ei takista kõndimist.

☐ Valu ei võimalda kõndida rohkem kui 1-2 km.

☐ Valu ei võimalda kõndida rohkem kui 0,5 km.

☐ Valu ei võimalda kõndida rohkem kui 100 m.

☐ Saan kõndida ainult kepi või karkude abil.

☐ Enamiku ajast olen voodis ja tualetti suudan minna vaid roomates.

5. osa. Istumine

☐ Suudan istuda igasugusel toolil nii kaua kui tahan.

☐ Suudan istuda oma lemmiktoolil nii kaua kui tahan.

☐ Valu ei võimalda istuda rohkem kui 1 tund.

☐ Valu ei võimalda istuda rohkem kui 30 min.

☐ Valu ei võimalda istuda rohkem kui 10 min.

☐ Valu ei võimalda üldse istuda.

6. osa. Seismine

☐ Saan seista nii kaua kui tahan, ilma et see tekitaks valu.

☐ Saan seista nii kaua kui tahan, kuid see tekitab valu.

☐ Valu ei võimalda seista rohkem kui 1 tund.

☐ Valu ei võimalda seista rohkem kui 30 min.

☐ Valu ei võimalda seista rohkem kui 10 min.

☐ Valu ei võimalda üldse seista.

7. osa. Magamine

☐ Magades ei esine kunagi valu.

☐ Magades esineb aegajalt valu.

☐ Valu tõttu saan magada vähem kui 6 tundi.

☐ Valu tõttu saan magada vähem kui 4 tundi.

☐ Valu tõttu saan magada vähem kui 2 tundi.

☐ Valu tõttu ei saa ma üldse magada.

8. osa. Seksuaalelu

- ☐ Minu seksuaalelu on normaalne ega põhjusta valu.
- ☐ Minu seksuaalelu on normaalne, kuid põhjustab valu.
- ☐ Minu seksuaalelu on peaaegu normaalne, kuid põhjustab valu.
- ☐ Minu seksuaalelu on valu tõttu tugevalt piiratud.
- ☐ Valu tõttu seksuaalelu peaaegu puudub.
- ☐ Valu tõttu seksuaalelu puudub.

9. osa. Ühiskondlik elu

- ☐ Minu ühiskondlik elu on normaalne ega ei põhjusta mulle valu.
- ☐ Minu ühiskondlik elu on normaalne, kuid põhjustab valu.
- ☐ Valu ei mõjuta mu ühiskondlikku elu oluliselt, välja arvatud tegevused, kus läheb vaja rohkem energiat, näiteks sportimine jne.
- ☐ Valu piirab mu ühiskondlikku elu ja ma ei käi enam tihti väljas.
- ☐ Valu tõttu piirdub minu ühiskondlik elu koduga.
- ☐ Valu tõttu mul ühiskondlik elu puudub.

10. osa. Reisimine, liikumine

- ☐ Saan reisida kõikjale, ilma et see põhjustaks valu.
- ☐ Saan reisida kõikjale, kuid see põhjustab valu.
- ☐ Valu on tugev, kuid üle 2 tunni kestva liikumisega saan hakkama.
- ☐ Valu tõttu saan liikuda vaid alla 1 tunni.
- ☐ Valu tõttu saan liikuda alla 30 minuti.
- ☐ Valu tõttu ei saa ma liikuda, teen seda ainult ravi eesmärgil.

LISA 2.

Baecke kehalise aktiivsuse küsimustik

Tõmmake ring ümber sobiva vastuse

Uuritava kood.....

Kuupäev.....

1. Mis on teie amet?.....

2. Tööl ma istun	Ei iialgi	Harva	Mõnikord	Sageli	Alati
3. Tööl ma seisan	Ei iialgi	Harva	Mõnikord	Sageli	Alati
4. Tööl ma käin	Ei iialgi	Harva	Mõnikord	Sageli	Alati
5. Tööl tõstan suuri raskusi	Ei iialgi	Harva	Mõnikord	Sageli	Alati
6. Pärast tööd olen väsinud	Ei iialgi	Harva	Mõnikord	Sageli	Alati
7. Tööl ma higistan	Ei iialgi	Harva	Mõnikord	Sageli	Alati

8. Võrreldes omaealisega arvan, et mu töö on füüsiliselt

Palju raskem Raskem Sama raske Kergem Palju kergem

9. Kas tegelete spordiga? Jah! Ei!

Kui Jah:

Millist spordiala harrastate kõige sagedamini?.....

Mitu tundi nädalas?	<1	1-2	2-3	3-4	>4
Ühe treeningu kestvus (t)	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5
Mitu kuud aastas?	<1	1-3	4-6	7-9	>9
Suhteliselt kuu lõikes	mõned tunnid	mõned päevad	2 nädalat	3 nädalat	suurema osa kuust

Kui tegelete ka teise spordialaga

Mis ala see on?.....

Mitu tundi nädalas?	<1	1-2	2-3	3-4	>4
Ühe treeningu kestvus (t)	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5
Mitu kuud aastas?	<1	1-3	4-6	7-9	>9
Suhteliselt kuu lõikes	mõned tunnid	mõned päevad	2 nädalat	3 nädalat	suurema osa kuust

10. Võrreldes omaealistega arvan, et mu kehaline aktiivsus vabal ajal on:

Palju suurem Suurem Sama Väiksem Palju väiksem

11. Vabal ajal ma higistan:	Ei iialgi	Harva	Mõnikord	Sageli	Väga sageli
12. Vabal ajal tegelen spordiga	Ei iialgi	Harva	Mõnikord	Sageli	Väga sageli
13. Vabal ajal vaatan telekat	Ei iialgi	Harva	Mõnikord	Sageli	Väga sageli
14. Vabal ajal jalutan	Ei iialgi	Harva	Mõnikord	Sageli	Väga sageli
15. Vabal ajal sõidan rattaga	Ei iialgi	Harva	Mõnikord	Sageli	Väga sageli

16. Mitu minutit käite/sõidate rattaga päevas tööle, kooli, kauplusesse?

<5 5-15 15-30 30-45 >45

LISA 3.

Näide EMG lihasvõimuse näitajatest indiviiditi

Näide EMG lihasvõimuse näitajatest (MF muutus) (%/min)

	RES	LES	RMT	LMT	RGM	LGM	REO	LEO	RRA	LRA
A1	-15,3	-9,37	-8,34	-10,9	-6,31	-7,38	-8,01	3,69	-9,22	2,73
A2	-4,9	7,72	-3,05	-1,03	-3,12	-1,04	-1,91	24,1	-1,36	9,95
A3	0	-2,31	-12,8	-4,66	-4,71	-5,88	-9,85	-0,86	-5,37	6,79
A4	14,38	8,49	-0,62	41,75	-4,46	26,88	-4,46	-1,75	0	1,65
A5	-8,67	-10,2	-14,6	-1,86	-1,54	-13,3	-4,6	-11,1	-2,49	26,59
A6	5,55	16,8	-2,29	0,48	-5,8	-7,45	-3,55	-5,23	-7,29	-9,96
A7	4,85	5,47	-6	0,95	-5,79	-13,1	-4,47	-15,8	-12,8	2,34

R - parem; L - vasak; ES - selgroosirgestaja lihas (*m. erector spinae*); MT - mitmejaoline lihas (*m. multifidus*); GM - suur tuharalihas (*m. gluteus maximus*); EO - välimine põikilihas (*m. external oblique*); RA - kõhu sirglihas (*m. rectus abdominis*)

Näide EMG lihasvõimuse näitajatest (RMS muutus) (%/min)

	RES	LES	RMT	LMT	RGM	LGM	REO	LEO	RRA	LRA
A1	4,36	17,61	-1,15	10,79	14,01	24,45	109,5	30,05	34,50	44,83
A2	10,82	14,48	5,62	-2,32	10,99	10,01	7,14	5,38	20,07	22,42
A3	9,03	33,56	14,44	23,35	12,31	81,41	28,96	-11,2	15,39	11,28
A4	11,72	21,65	26,49	24,23	4,536	2,59	26,08	20	14,61	-9,78
A5	14,94	50,37	35,4	19,98	15,41	56,14	15,34	31,94	24,55	39,32
A6	19,44	8,36	19,48	-1,36	0	-7,38	20,37	-3,11	23,66	13,23
A7	-4,03	6,565	-7,49	1,5	22,16	17,66	49,32	86,41	11,38	53,81

R - parem; L - vasak; ES - selgroosirgestaja lihas (*m. erector spinae*); MT - mitmejaoline lihas (*m. multifidus*); GM - suur tuharalihas (*m. gluteus maximus*); EO - välimine põikilihas (*m. external oblique*); RA - kõhu sirglihas (*m. rectus abdominis*)

LISA 4.

Lihaste aktivatsioon Callaghan *et al.* (1998) uuringus

Callaghan *et al.* (1998) uuringus *bird-dog* harjutuse ajal registreeritud lihaste aktivatsioon (% MVC).

Electromyographic Channel ^a	Extension						Calibration Posture
	Right Leg	Left Leg	Right Leg and Left Arm	Left Leg and Right Arm	Trunk and Legs	Trunk	
Right RA							
\bar{X}	3.3	2.7	4.0	3.5	4.7	3.1	1.4
SD	2.4	1.9	2.0	2.0	2.2	1.8	1.0
Right EO							
\bar{X}	8.4	4.9	16.2	5.2	4.3	3.7	1.0
SD	4.9	1.5	6.0	2.3	2.5	1.7	0.6
Right IO							
\bar{X}	12.0	8.2	15.6	12.0	12.1	12.7	1.9
SD	6.8	2.5	8.2	4.2	10.1	10.8	1.2
Right LD							
\bar{X}	8.1	5.8	12.0	12.5	11.2	6.5	5.9
SD	5.4	3.5	9.6	6.2	4.3	4.0	8.5
Right TES							
\bar{X}	5.7	13.7	11.5	46.8	66.1	45.4	21.0
SD	2.0	7.5	6.6	29.3	18.8	10.6	9.0
Right LES							
\bar{X}	19.7	11.7	28.4	19.4	59.2	57.8	21.3
SD	9.1	4.9	10.2	11.0	11.7	8.5	4.6
Right MF							
\bar{X}	21.9	10.8	31.5	16.1	51.9	47.5	16.4
SD	6.3	6.0	8.2	12.0	14.7	12.3	5.6
Left RA							
\bar{X}	4.3	3.6	4.4	4.2	6.5	3.7	2.2
SD	3.4	3.6	3.8	3.9	3.4	2.4	2.1
Left EO							
\bar{X}	5.4	9.0	6.2	15.9	6.3	5.2	1.8
SD	2.0	3.8	2.5	6.6	3.2	5.2	1.0
Left IO							
\bar{X}	16.0	11.3	22.6	15.2	11.0	12.5	1.6
SD	8.6	7.0	9.2	6.7	5.9	6.1	1.3
Left LD							
\bar{X}	4.5	5.0	10.7	6.2	9.2	5.1	6.1
SD	4.3	4.5	18.2	4.4	5.1	4.1	8.5
Left TES							
\bar{X}	15.0	4.5	42.9	10.5	63.6	41.6	21.2
SD	7.5	2.0	20.5	5.9	22.7	10.0	9.8
Left LES							
\bar{X}	11.3	16.8	19.5	25.5	56.8	57.0	23.3
SD	6.6	4.5	7.4	7.3	14.5	14.7	8.4
Left MF							
\bar{X}	11.9	22.3	16.6	33.8	57.3	53.3	18.7
SD	7.0	6.1	7.2	6.7	11.4	12.0	4.3

^aElectromyographic channel: RA=rectus abdominis muscle, EO=external oblique muscle, IO=internal oblique muscle, LD=latissimus dorsi muscle, TES=thoracic erector spinae muscle, LES=lumbar erector spinae muscle, MF=multifidus muscle.

LISA 5.

Lihaste omavahelised suhted

Lihasktiivatsiooni näitajate omavahelised suhted käesolevas uuringus ja Callaghan *et al.* (1998) uuringus.

Tunnus	Parem käsi ja vasak jalg			Tunnus	Vasak käsi ja parem jalg		
	EG	KG	Callaghan <i>et al.</i>		EG	KG	Callaghan <i>et al.</i>
RES/LMT	123,39	72,98	57,40	RES/RMT	93,78	62,37	90,16
LES/LMT	116,78	63,09	75,44	LES/RMT	123,23	86,55	61,91
RMT/LMT	70,94	77,82	47,63	LMT/RMT	70,68	82,03	52,7
RGM/LMT	9,36	7,28	-	RGM/RMT	63,00	79,02	-
LGM/LMT	59,54	39,93	-	LGM/RMT	16,51	10,51	-
REO/LMT	27,80	21,95	15,39	REO/RMT	88,11	69,00	51,43
LEO/LMT	89,20	72,82	47,04	LEO/RMT	42,02	24,23	19,68
RRA/LMT	12,10	7,06	10,36	RRA/RMT	12,98	8,67	12,70
LRA/LMT	12,49	6,6	12,43	LRA/RMT	15,45	8,74	13,97

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Timo Müür

(sünnikuupäev: 24.10.1987)

annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Kehatüve- ja alajäseme lihaste aktivatsioon ning lihasväsimus staatilisel vastupidavustestil kroonilise idiopaatilise alaseljavaluga ja asümptomaatilistel meestel,

mille juhendaja on teadur MD, PhD Helena Gapeyeva,

reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 20.05.2014